

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta Elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

Analýza problematiky dynamických
světelných reklam

Problem Analysis of Dynamic Light
Commercials

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne 7. května 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kotajal'.

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu práce Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D. za trpělivé a ochotné vedení této práce a dále doc. Ing. Štěpánu Ožanovi, Ph.D. za pomoc a edukaci při vytváření uživatelského prostředí pomocí GUI v Matlabu.

Zadání diplomové práce

Student: **Ing. Kateřina Kotajná**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3901T009 Biomedicínské inženýrství
Téma: **Analýza problematiky dynamických světelných reklam**
Problem Analysis of Dynamic Light Commercials

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce je stanovení různých fyzikálních a fyziologických vlivů na jakost obrazu vysílaného tyčovými světelnými reklamami ve statickém či dynamickém módu. Práce se především věnuje modelům vybraných přístupů a experimentům ovlivnění vnímání lidským okem za daných podmínek prostředí.

V souhrnu je práce charakterizována těmito body:

1. Rešerše mechanismu vnímání obrazové informace zrakem.
2. Analýza možností ovlivnění zraku vybranými moderními technologiemi.
3. Návrh a implementace modelů a testů v prostředí Matlab.
4. Návrh a implementace software pro přípravu dat pro zobrazovací jednotku.
5. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] DVOŘÁČEK, Karel a Jiří HABEL. *Světlo a osvětlování*. 1. vyd. Praha: FCC PUBLIC, 2013. 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [2] DOŇAR, Bohuslav a Karel ZAPLATÍLEK. *MATLAB pro začátečníky*. 2. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2003, 151 s. ISBN 9788073001759.
- [3] MATOUŠEK, David. *Programování v jazyce C v příkladech*. 2. vyd. elektronické. Praha: BEN - technická literatura, 2012, 134 s. ISBN 978-80-7300-439-2.
- [4] GREGORY, Richard L. *Eye and Brain: the psychology of seeing*. 5th ed. Princeton: Princeton University Press, c1997, ix, 277 s. ISBN 978-0691048376.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Jiří Koziolek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá problematikou dynamické světelné reklamy, jejími druhy a fyzikálními principy, na kterých tato reklama funguje. Pro pochopení daných zákonitostí je důležitý popis vzniku a zpracování zrakového vjemu pomocí anatomických struktur a fyziologických procesů. Dále je důležitá metodika ovlivnění zraku pomocí vnějších i vnitřních vlivů a samotný popis dynamické reklamy, především s využitím panelu s řadou LED diod, které vykreslují obrazovou informaci na principu perzistence vidění a Talbotova zákona. Součástí práce je praktická část využívající program Matlab k vytvoření softwaru, který přizpůsobí obrazovou informaci pro daný mikrokontrolér a typ užitých LED diod. Jsou také provedeny simulace znázorňující špatně zobrazenou informaci v případě nesprávné rychlosti pohybu panelu s LED diodami vůči pozorovateli. V závěru každé praktické části jsou zhodnoceny dosažené výsledky a uvedena aplikace na konkrétní realizaci panelu.

Klíčová slova: zrakové klamy, perzistence vidění, LED diody, dynamická reklama, reklama v tunelu, zpracování obrazu

Abstract

The thesis deals with dynamic light advertising, its types and the physical principles which this advertising works on. For an understanding of these laws it is important to describe the creation and processing of visual perception through anatomical structures and physiological processes. It is also important to describe methods that affect vision using internal and external influences and the description of dynamic advertising itself, especially by using the panel with a series of LEDs that draw the picture information using the principle of persistence of vision, and Talbot's law. The practical part of this work is to create a software that adapts image information to the microcontroller and LEDs. There is also a simulation showing the incorrectly displayed information in the event of incorrect rate of movement of the panel with LEDs to the viewer. At the end of each practical part the results are evaluated and there is also an example, how to apply those results to a specific realization of the LED panel.

Key words: optical illusions, persistence of vision, LEDs, dynamic advertising, tunnel advertising, image processing

Obsah

1 Úvod.....	3
2 Anatomie oka	3
2.1 Struktury důležité pro zpracování obrazu	4
2.1.1 Sítnice	4
2.1.2 Čočka	5
2.1.3 Zraková dráha	5
3 Fyziologie vidění.....	6
3.1 Refrakce oka	6
3.2 Akomodace oka.....	6
3.3 Rozlišování intenzity světla	7
3.4 Duplicitní vidění	7
3.5 Rozlišování barev	8
3.5.1 Youngova-Helmholtzova teorie	8
3.5.2 Heringova teorie	9
3.6 Zraková ostrost.....	10
3.7 Kontrastní citlivost.....	11
3.8 Rozlišování podnětů v čase.....	11
3.9 Psychofyzika zrakové ostrosti a vnímání kontrastů	12
3.10 Vnímání pohybu.....	12
3.10.1 Fyziologie očních pohybů.....	12
3.11 Prostorové vidění.....	13
3.11.1 Zorné pole	14
3.11.2 Stereoskopické vidění	14
3.11.3 Ovlivnění zraku.....	14
3.11.4 Světlo a stín.....	14
3.11.5 Atmosférické vlivy.....	14
3.11.6 Relativní velikost	15
3.11.7 Vzájemná poloha.....	15
3.11.8 Gradient textur	15
4 Oční vady	16
4.1 Refrakční vady	16
4.1.1 Krátkozrakost (myopie)	16
4.1.2 Dalekozrakost (hypermetropie)	16
4.1.3 Astigmatismus.....	16
4.2. Akomodační vady	16
5 Zrakové klamy	17
5.1 Objektivní klamy.....	17
5.2 Fyziologické klamy.....	17
5.3 Geometrické klamy	19
5.4 Psychologické klamy	21
5.4.1 Statické psychologické klamy.....	21
5.4.2 Dynamické psychologické klamy	22

6 Statická a dynamická reklama.....	24
6.1 Statická reklama.....	24
6.2 Podprahová reklama.....	24
6.3 Dynamická reklama	25
6.3.1 Dynamická reklama instalovaná na vagonu metra	25
6.3.2 Dynamická reklama instalovaná v tunelu metra	26
Talbotův zákon.....	27
Weber-Fechnerův zákon	27
Ferry-Porterův zákon	28
Perzistence vidění	28
6.4 LED diody.....	28
6.5 Možnosti realizace LED panelu	29
6.5.1 Použití mikrokontroléru.....	29
6.5.2 LED drivery	30
6.5.3 Technologie FPGA.....	30
6.6 Realizovaný návrh.....	30
6.7 Využití panelu s LED diodami	31
7 Příprava dat pro zobrazovací jednotku.....	32
7.1 Grafické uživatelské rozhraní	32
7.1.1 Načtení obrázku	33
7.1.2 Výběr barvy obrázku	33
7.1.3 Výběr velikosti obrázku.....	34
7.1.4 Hranová detekce	35
7.1.5 Náhled.....	36
7.1.6 Možnost invertovat barvy	36
7.1.7 Uložení obrázku.....	36
7.1.8 Uložení do textového souboru	37
7.2 Následné zpracování získaného souboru	38
7.2.1 Převod na 4, 8 a 16bitová čísla	38
7.2.2 Nahrazení „1“ jiným číslem.....	38
8 Závěr	39
9 Použitá literatura	39

1 Úvod

Užití jakékoli podoby vizuální reklamy ve snaze zaujmout potenciálního zákazníka je alespoň dílčí součástí marketingové strategie každé firmy, která se chce dlouhodobě udržet na trhu. Lidé jsou dnes reklamou natolik přehlcní, že se ji často snaží co nejvíce odbourávat. Okolní prostředí je však podvědomě neustále vnímáno a je tak jen otázkou času, kdy bude některá z reklam správně umístěna, nebo bude obsahovat prvek, který přitáhne pozornost toho či onoho jedince. V oboru marketingu je potřeba neustále inovovat myšlenky, jakými nalákat zákazníky, a proto je nutné využívat stále nových míst a nových způsobů.

Jednou z takovýchto myšlenek může být například reklama instalovaná přímo v tunelu metra. Cestující běžně nemá možnost sledovat okýnkem dění v okolí vlaku a tak často pozoruje pouze špičky svých bot ve snaze zamezit náhodnému setkání s pohledem jiného pasažéra. Zacílení reklamy, která se v určitém úseku trasy zničehonic objeví venku za okýnkem, je tedy téměř stoprocentní.

Realizace takovéto reklamy spočívá v rozložení sdělení buď do podoby po sobě jdoucí sekvence obrázků, která pohybem soupravy vytvoří zdání jednotného obrazu, nebo formou instalace řady panelů s LED diodami, které díky nedokonalosti lidského zraku vytvoří počitek pohyblivého obrazu.

Prvním cílem práce je rešerše mechanismu vnímání obrazové informace zrakem, tedy zpracování problematiky zrakového vjemu od jeho vstupu rohovkou přes jednotlivé struktury, až po vedení zrakovými drahami do mozku. Důležitou součástí tohoto rozboru je také popis fyziologických procesů vedoucích k nejlepšímu zrakovému vjemu, vnímání pohybu, prostorové vidění a způsoby ovlivnění zraku, ať jde o okolní vlivy nebo vady způsobené špatným lámáním vstupujícího svazku světla.

Druhým z cílů je analýza možností ovlivnění zraku moderními technologiemi. V této části jsou popsány jednotlivé druhy zrakových klamů, kdy nejdůležitější jsou statické a dynamické psychologické klamy, kterých se pro účely reklamy hojně využívá. Důležitá část této kapitoly zahrnuje přímo popis statické, dynamické a podprahové reklamy.

Dalším bodem práce je návrh a implementace modelů v prostředí Matlab. V tomto případě je realizována simulace, která umožňuje přiblížení deformace zobrazovaného obrazu řadou LED diod při nedodržení správné rychlosti pohybu vůči pozorovateli.

Posledním bodem je navržení a implementace softwaru pro přípravu dat pro zobrazovací jednotku, který je taktéž navržen v prostředí Matlab s využitím nástroje pro interaktivní tvorbu grafických rozhraní GUIDE. Tento software je schopen jakýkoli obrázek upravit pro potřeby ideálního zobrazení panelu s LED diodami.

2 Anatomie oka

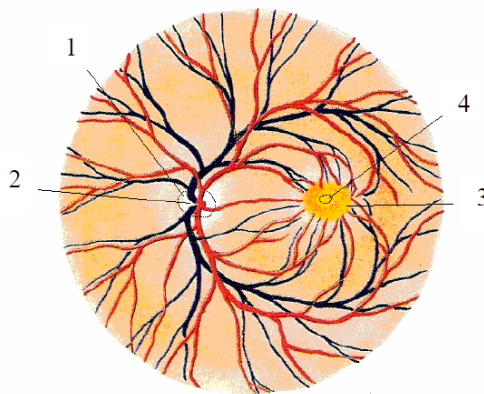
Zrakový vjem vzniká za pomoci optické soustavy oka, vedení zrakovým nervem a v neposlední řadě zpracováním v mozku. Přestože samotné oko jakožto smyslový orgán zastává nejdůležitější funkci samotného vidění, nemalou úlohu hrají také soustavy zajišťující pohyb a ochranu bulbu, jako jsou víčka, slzní aparát nebo okohybné svaly [1].

Oko se jako vlastní smyslový orgán skládá z oční koule, jejíž vnější část zaujímá fibrilární vazivo nazývané bělima a zbytek je vyplněn rohovkou, což je průhledná, přední část očního bulbu. Prostřední vrstvu zaujímá cévnatka vyživující hluboké vrstvy sítnice, řasnaté těleso a pod rohovkou viditelná duhovka, která může být různě zbarvená a zastává obdobnou funkci, jakou má clona ve fotoaparátu. Velmi důležitou funkci zaujímá vnitřní nervová vrstva zvaná sítnice, na kterou dopadají paprsky světla a pomocí světločivných buněk a nervového systému jsou vjemy zrakovým nervem vedeny do mozku, kde se informace promítá jako obraz. Vnitřek oční koule vyplňuje z velké části rosolovitá hmota sklivec a okolí čočky komorový mok [1].

2.1 Struktury důležité pro zpracování obrazu

2.1.1 Sítnice

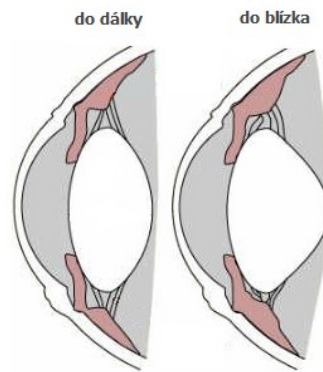
Sítnice obsahuje světločivné buňky zvané tyčinky a čípky, kterých se v oku nachází okolo 130 milionů. Tyčinky, které jsou na sítnici oproti čípkům ve značné přesile, reagují již na nízkou intenzitu světla, uplatňují se za šera, kdy zajišťují černobílé vidění s nižší rozlišovací schopností. Oproti tomu čípky reagují na vyšší intenzity světla a zajišťují ostré, barevné vidění a vyšší rozlišovací schopnost. Obsahují tři typy barviva různě citlivé na různé vlnové délky světla, ze kterých je následně složen výsledný barevný obraz. Jejich nejvyšší koncentrace je ve žluté skvrně, což je místo na sítnici zajišťující nejostřejší vidění. Oproti tomu žádné světločivné elementy nejsou v místě tzv. slepé skvrny, což je místo výstupu optického nervu z oka [1].



Obrázek 1: Oční pozadí (1 - papila zrakového nervu, 2 - jamka v papile zrakového nervu, 3 - žlutá skvrna, 4 – centrální prohlubeň žluté skvrny) [1].

2.1.2 Čočka

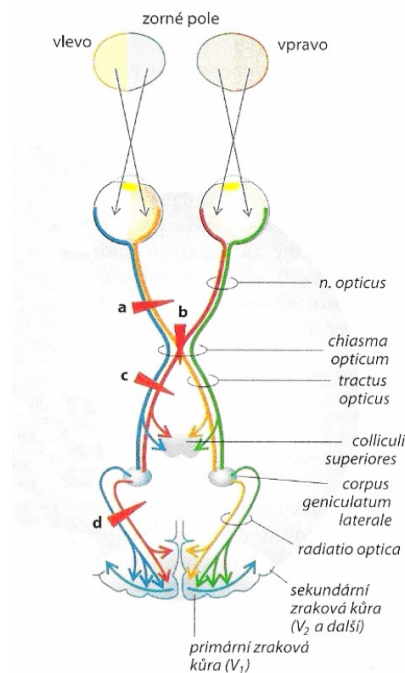
Čočka je aparát schopný měnit svou optickou mohutnost a vyklenutí. Je uložena v průhledném pouzdru sloužícím jako ochrana před komorovou tekutinou, která by čočku mohla zakalit. Dále je čočka zavěšena na řasnaté těleso za duhovkou. Při potřebě zaostření na dálku se čočka zplošťuje a vyklenutím se naopak zaostřuje na blízko [1].



Obrázek 2: Akomodace oka do dálky a do blízka [6]

2.1.3 Zraková dráha

Vedení optického vjemu začíná u světločivných buněk na sítnici a dále pokračuje přes systém neuronů do zrakového nervu. Následně se kříží vlákna z nazálních částí a naopak vlákna z vnějších částí sítnice zůstávají nezkřížená. Vlákna jdoucí ze žluté skvrny se kříží jen částečně. Některá vlákna pak končí ve středním mozku, kde je ovlivňován pupilární a motorický reflex, a jiná v hypotalamu, kde je na základě množství světla ovlivňován metabolismus organismu [1].



Obrázek 3: Zraková dráha [7].

3 Fyziologie vidění

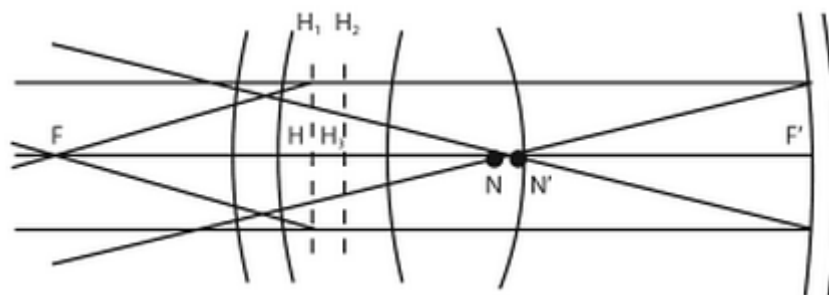
3.1 Refrakce oka

Jako refrakce neboli lom vlnění se označuje jev, který vzniká na rozhraní dvou prostředí, ve kterých má vlnění různou fázovou rychlost. Proto se také paprsky vstupující do oka mohou na rozhraní dvou prostředí buď odrazit, nebo lomit, a to v závislosti na poměru optických hustot daných prostředí [2].

prostředí	index lomu
rohovka	1,37
komorová voda	1,33
čočka	1,42
sklivec	1,33

Tabulka 1: Hodnoty indexu lomu v jednotlivých prostředích oka [2].

Největší index lomu v rámci oka má rohovka a čočka (viz. tabulka 1) a paprsky se lámou do hlavního ohniska optické soustavy. Vzdálenost tohoto ohniska od středu optické soustavy nazýváme ohniskovou vzdáleností. Samotnou optickou soustavu pak popisujeme dvěma uzlovými body a předním a zadním bodem ohniskovým, jak je znázorněno na obrázku 4. Paprsky vstupující do oka se lámou do ohniska na sítnici poblíž žluté skvrny, kde se vytváří skutečný, zmenšený a převrácený obraz. [2].



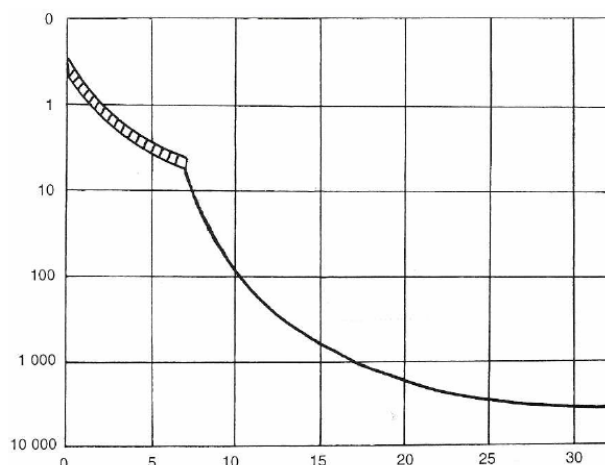
Obrázek 4: Schematické oko (H, H_1-H_3 - hlavní body, N, N' - uzlové body, F - předmětové ohnisko, F' - obrazové ohnisko na sítnici) [2].

3.2 Akomodace oka

Čočka optického aparátu je velmi elastická a dokáže měnit své přední i zadní zakřivení a také svou tloušťku. Pokud jsou okem pozorovány blízké předměty, zvyšuje se optická mohutnost čočky. Dochází ke stažení řasnatého tělesa a uvolnění závěsného aparátu čočky, což má za následek zvýšení optické lomivosti oka [2]. Akomodace oka je graficky znázorněna výše na obrázku č. 2.

3.3 Rozlišování intenzity světla

Adaptace oka na tmu při přechodu z prostor s vyšší intenzitou osvětlení probíhá ve dvou fázích. Nejprve nastává tzv. čípková adaptace (rychlá fáze), která zvyšuje citlivost sítnice na světelné podněty stokrát a poté nastupuje tyčinková adaptace trvající i 45 minut. V druhém případě ovšem dochází k 100 000násobnému zvýšení citlivosti sítnice [2].



Obrázek 5: Adaptace sítnice na tmu (x - čas v min, y - relativní zvýšení citlivosti [8].

Co se týče opačného jevu, tedy adaptace na světlo, ten probíhá velice rychle. Nezávisle na intenzitě osvětlení je maximální hodnoty dosaženo do jedné minuty. Velkou úlohu v adaptaci na světlo hraje samozřejmě zornice, která se ve tmě rozšiřuje a při vyšší intenzitě světla se zužuje [7].

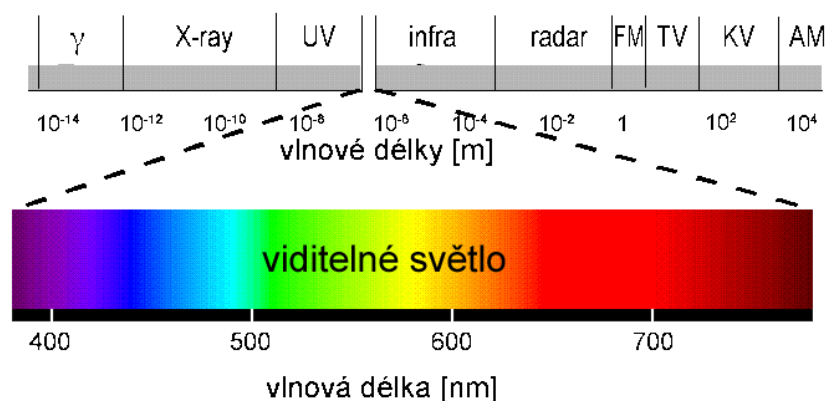
3.4 Duplicitní vidění

Duplicitní teorie vidění je označení pro rozdílné čípkové a tyčinkové vidění. Funkce světločivných elementů závisí na úrovni osvětlení, kdy hranicí pro barevné vidění by měla být intenzita osvětlení 1 lux. Pod touto hranicí se uskutečňuje pouze vidění černobílé. Jako fotopické vidění se označuje funkce čípků na sítnici při vyšších hodnotách osvětlení (nebo také vidění za denního světla). Barevné vidění se uskutečňuje především v oblasti žluté skvrny, kde je nejvyšší koncentrace čípků na sítnici. Naopak jako skotopické (noční) vidění je označováno vidění za šera, kdy je vyšší spektrální citlivost tyčinek. Pokud se intenzita světla vyšší než 10^{-3} luxů a menší než 10 luxů, uplatňuje se působení obou druhů světločivných elementů a takovéto vidění je označeno jako mezopické [5], [9].

Na základě umístění fotoreceptorů na sítnici je zřejmé, že při fotopickém vidění se uplatňuje přímá fixace pozorovaného objektu, zatímco při skotopickém vidění je objekt nejlépe pozorován periferií [5], [9].

3.5 Rozlišování barev

Viditelné spektrum elektromagnetického záření, tedy spektrum, na které je lidské oko citlivé, se pohybuje ve vlnových délkách 400–760 nm. Pokud se oko adaptuje na světlo, jeho nejvyšší citlivost je okolo 555 nm, což odpovídá zelenožluté barvě a při adaptaci na tmě se vlnová délka pohybuje okolo 507 nm, která zastupuje barvu modrozelenou [2].



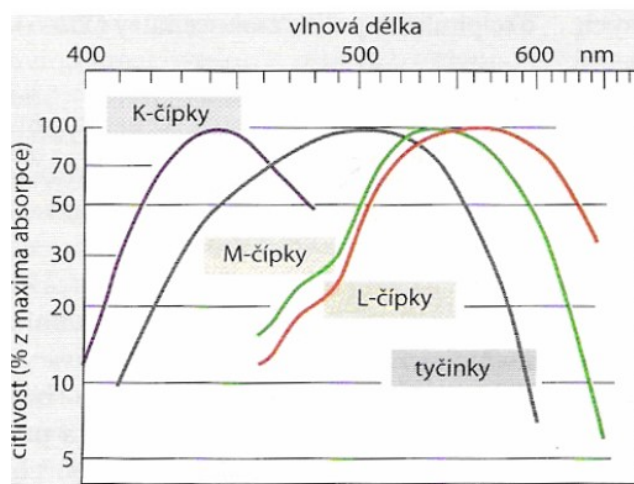
Obrázek 6: Viditelné spektrum elektromagnetického záření [19].

Různé vlnové délky zastupují různé odstíny barev. Existují tzv. barvy základní - červená, modrá a zelená, které se označují jako odstíny nasycené a nenasyčené. Odstíny vznikají přimícháním bílého světla k dané barvě. Jako žlutobílá je vnímána barva při maximální intenzitě světla [2].

Jak již bylo popsáno výše, barevné vidění je uskutečňováno pomocí čípků, které jsou shromážděny především ve žluté skvrně, a směrem od ní jejich počet klesá. Samotné vnímání barev je ale velmi složitý proces, který popisují dvě teorie, a to Youngova-Helmholtzova a Heringova.

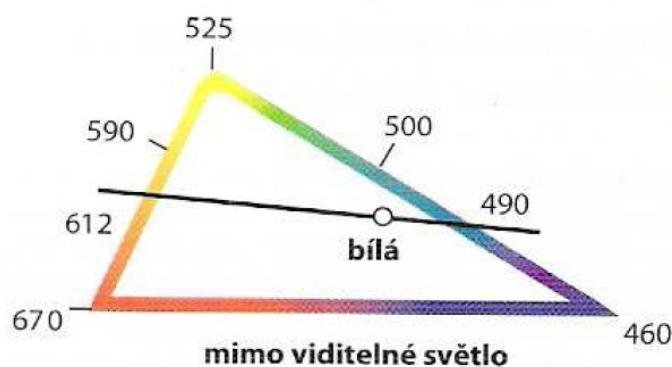
3.5.1 Youngova-Helmholtzova teorie

Je také označována jako trichromatická a potvrzuje existenci tří typů čípků. Jednotlivé typy mají různá absorpční maxima a jsou citlivé na jiné vlnové délky. Takzvané K-čípky pohlcují krátkovlnné (modrofialové) světlo, M-čípky jsou citlivé na světlo o středních vlnách (modrozelené až žluté) a L-čípky pohlcují světlo dlouhovlnné (žluté až červené) [5], [7].



Obrázek 7: Typy čípků a jejich citlivost na vlnové délky [7].

Předpokládá se, že při stejném podráždění všech tří čípků je vyvolán vjem bílé barvy a při nerovnoměrném podráždění se barva jeví jako smíšená podle trojúhelníku na obrázku níže [5], [7].



Obrázek 8: Barevný trojúhelník (na odvěsnách viditelné světlo, uprostřed bod "bílá") [7].

Správný barevný vjem závisí na osvětlení sítnice. Pokud je intenzita světla příliš velká, barvy nelze správně vnímat, stejně jako při příliš nízké intenzitě světla, která je pod prahem citlivosti čípků, je člověk o schopnost barvy vnímat zcela připraven [5], [9].

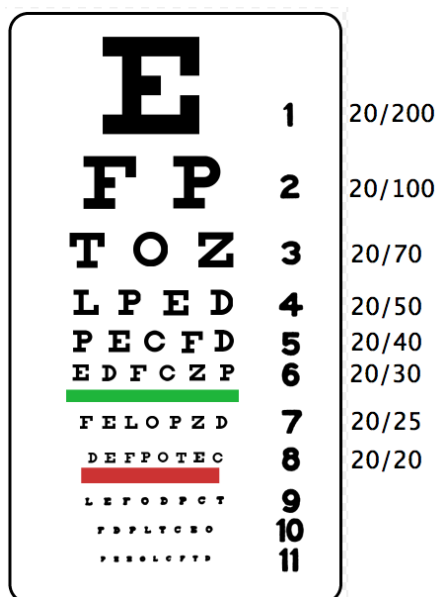
3.5.2 Heringova teorie

Tato teorie je zvaná jako teorie protikladných barev a vychází z předpokladu, že se na sítnici nacházejí dva typy jednotek. První z nich je citlivá na červenou nebo zelenou a druhá reaguje na modrou nebo žlutou barvu. Při vjemu červené barvy dochází ke zvýšení reakce jednotky pro červenou a zelenou barvu, a naopak dochází ke snížení reakce, přichází-li vjem barvy zelené. Pokud jsou přítomny dvě protikladné barvy, je vjem barvy bílý. Barevné odstíny tedy vidíme díky nerovnováze v obou typech jednotek [5], [10].

3.6 Zraková ostrost

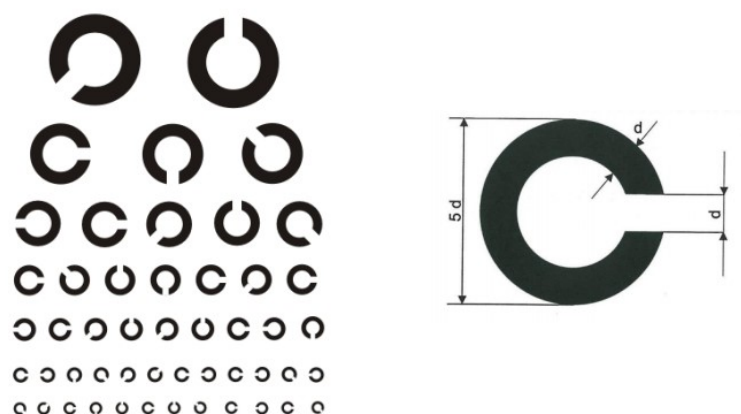
Zraková ostrost velmi úzce souvisí s refrakcí oka a jeho rozlišovací schopností, s šíří zornice, ale také s jasnem předmětů, jejich vzdálenosti od sítnice nebo kontrastu oproti okolí. Nelze opomenout také věk subjektu. Pro vyšetření zrakové ostrosti se v běžné praxi nejčastěji používají Snellenovy optotypy, popřípadě u dětských pacientů obrázkové optotypy. Významnou roli při vyšetření pomocí optotypů hraje vzdálenost vyšetřovaného pacienta, která je standardně 6 metrů a dále osvětlení vyšetřovací tabule [2].

U Snellenova optotypu má písmeno nahoře velikost 88 mm. Vyšetřovaný pacient si zakryje jedno oko a snaží se číst jednotlivé řádky odshora dolů. Člověk s průměrným zrakem by měl z daných 6 metrů (= 20 stop) přečíst řádek s velikostí písmene 8,8 mm. Zlomek uvedený u obr. 9 udává vzdálenost, v níž se pacient nachází od vyšetřovací tabule. Ve jmenovateli je číslo odvozené od velikosti písmene na řádku, které pacient dokázal ještě přečíst a udává, v jaké vzdálenosti by musel stát člověk s průměrným zrakem. Tedy údaj 20/50 udává fakt, že byl vyšetřovaný subjekt schopen přečíst z 20 stop řádek, který by člověk s průměrným zrakem přečetl ze vzdálenosti 50 stop. Dobré kvalitě zraku odpovídá Snellenův zlomek 20/20, v zemích se soustavou jednotek Si se zlomek udává jako 6/6 [11].



Obrázek 9: Snellenova tabule, Snellenův zlomek [11].

Pro výzkumnou činnost se využívají také tzv. Log MAR optotypy (MAR = Minimal Angle of Resolution, tedy minimální úhel rozlišení), které mají v řádku písmena oddělená mezerou ve velikosti písmene a výška řádků odpovídá výšce písmene nižší řady [2]. Dalším příkladem vyšetřovacích znaků jsou také Landoltovy prstence, kdy je šířka štěrbin rovna tloušťce znaku.



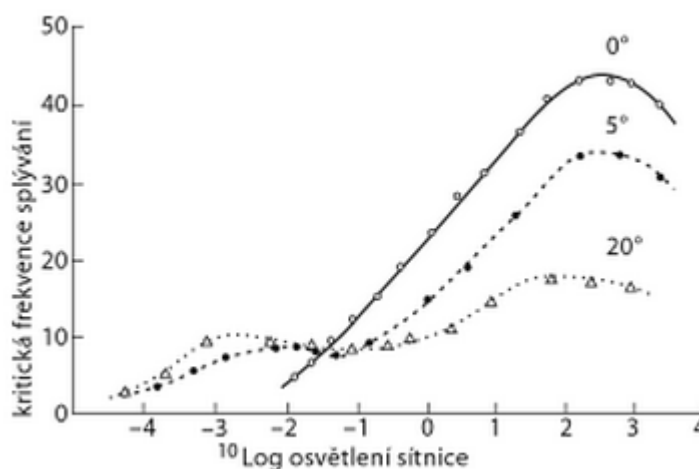
Obrázek 10: Landoltovy prstence, rozměry prstence [12], [13].

3.7 Kontrastní citlivost

Pro testování citlivosti na kontrast se v praxi využívá Pelliův-Robsonův test, což je tabulka obsahující vždy 3 písmena stejného kontrastu v 16 skupinách. Každá ze skupin má o $\frac{1}{\sqrt{2}}$ nižší kontrast než ta předchozí. Vyšetřovaná osoba stojí 1 m od tabulky [2].

3.8 Rozlišování podnětů v čase

Při optimálním osvětlení se rychlost podnětů, kdy již lidské oko nedokáže jednotlivé podněty rozlišit, pohybuje okolo frekvence 50-60 podnětů za sekundu. Tato frekvence se označuje jako kritická frekvence splývání. Při slabém osvětlení může tato frekvence klesnout až na hodnotu 5 podnětů za sekundu. Křivka kritické frekvence pro periferní vidění ztrácí svou linearitu, přičemž první část odpovídá činnosti tyčinek a druhá činnosti čípků [2].



Obrázek 11: Závislost kritické frekvence splývání na intenzitě a místě osvětlení sítnice [2].

3.9 Psychofyzika zrakové ostrosti a vnímání kontrastů

Ostrost vidění závisí na kontrastu, barvě světla, protože lidské oko nejlépe vnímá při žlutém monochromatickém světle, dále na optickém prostředí a také na místě, kde je podrážděna sítnice. Jas podnětu, které má oko zaznamenat, musí být minimálně $0,75 \cdot 10^{-6} \text{ cd.m}^2$. V oblasti do 30° od žluté skvrny se při stejné intenzitě světla osvětlená oblast sítnice nemění. Samozřejmě platí, že čím větší oblast sítnice je osvětlena, tím nižší může intenzita být, jde o tzv. Riccův zákon. Pokud se prodlužuje působení osvětlení, pak vjem nastane i při nižší intenzitě [2].

Důležitým faktorem je také úhel, pod kterým vstupují paprsky optickou soustavou na sítnici. Paprsky, které dopadají kolmo a šikmo na sítnici, potažmo na čípky, mají rozdílný jas. Tento jev je známý jako Stilesův-Crawfordův efekt prvního typu. Při osvětlení monochromatickým světlem změni paprsky dopadající na čípky šikmo svou barvu, což označujeme jako Stilesův-Crawfordův efekt druhého typu. Dalším důležitým jevem je tzv. Machovo pásmo, které popisuje subjektivní vjem kontrastu při pozorování dvou stejně jasných objektů, kdy se bude plocha jednoho z nich zvětšovat. To vytvoří světlejší nebo tmavší linie na rozhraní, přestože je osvětlení stále rovnoměrné [2].

Podobně působí i osvětlení dvou částí jednoho objektu se zpožděním 20 ms. Místo mezi těmito dvěma oblastmi člověk vnímá jako tmavý pruh. Hovoříme o tzv. Zpětném maskování, kdy primární podnět změni subjektivní vnímání podnětu sekundárního [2].

3.10 Vnímání pohybu

Pohyby oka způsobí objekt pohybující se již okolo $50\text{--}80^\circ$. Při vyšších rychlostech vyvolá podnět tzv. sakadické pohyby oka, které mohou být až $800^\circ \cdot \text{s}^{-1}$. Těchto rychlých očních pohybů je možné také dosáhnout zaměřením pozornosti na nepohybující se objekt [2].

3.10.1 Fyziologie očních pohybů

Základní (primární) poloha oka je se vzpřímenou hlavou směřující vpřed, kam také míří fixační osa oka. Pohyby oka okolo centra otáčení jsou:

- addukce – oko směřuje nazálně
- abdukce – oko směřuje zevně
- elevace – oko směřuje nahoru
- deprese – oko směřuje dolů

Kterákoli z poloh oka získaná jeho pohybem na libovolnou stranu je sekundární. Pokud je zaměřeno navíc i výškové nastavení oka, jde již o terciární polohu [2].

Oční pohyby jsou vyšetřovány a zkoumány metodou zvanou elektrookulografie, která se odvíjí od změn polohy elektrického dipólu oka vznikajícího mezi rohovou a sítnicí. Oko není v úplném klidu ani při fixaci. Vždy je přítomen nějaký, ač drobný pohyb, a to v následujících formách:

- mikrosakády (rychlé pohyby mající za úkol vrátit oko do základního postavení)
- klouzání očních os (pomalé pohyby)
- třes oka (pohyb s malou frekvencí bez známého funkčního významu) [2].

Mezi velké oční pohyby pak patří:

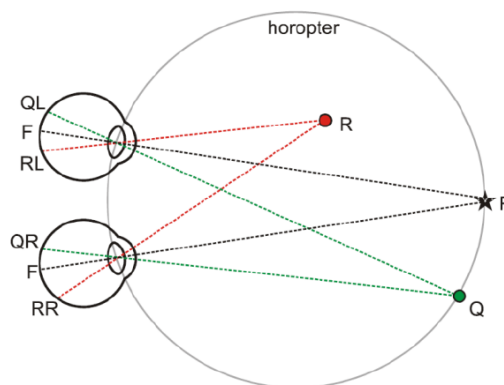
- sakády (volní oční pohyb sloužící k větším změnám fixační osy oka)
- sledovací pohyby (nejde o volní pohyb, spouštěny přítomností pohybujícího se objektu v zorném poli) [2].

3.11 Prostorové vidění

U člověka se uplatňuje binokulární vidění, kdy obě oči fungují pomocí okohybných svalů jako jedna koordinovaná jednotka. To zajišťuje trojrozměrné vidění. Je možné prostor rozeznat i monokulárně a to na základě zkušeností, lineární perspektivy, změn barev s rostoucí vzdáleností, odhadu vzdálenosti či hloubce prostoru měnící se při pohybu [2].

Zorné osy obou očí se při zaostření na jakýkoli bod protínají právě v daném bodě, což mezi zornými osami vytváří určitý úhel, který je označován jako stereoskopická paralaxa. Obraz tohoto bodu se přenese na stejná místa na obou sítnicích a mozek tyto obrazy spojí. Body, které se promítají na identická místa na obou sítnicích, jsou známy pod pojmem horopter [4], [14].

Pokud je oko zaostřeno na bod P, vytvoří obrazy F na obou sítnicích. Bod Q vytvoří obraz v jiném místě sítnic a vzdálenost obrazu bodu Q od bodu F je stejná u obou očí. Jsou-li obrazy bodů na sítnici stejně vzdálené, jsou okem vnímány ve stejné hloubce a mají nulovou disparitu. Hovoříme o nich jako o bodech ležících na horopteru. Pro porovnání je uveden bod R ležící, jehož obrazy jsou na sítnicích levého a pravého oka promítnuty v jiné vzdálenosti od bodu F [4].



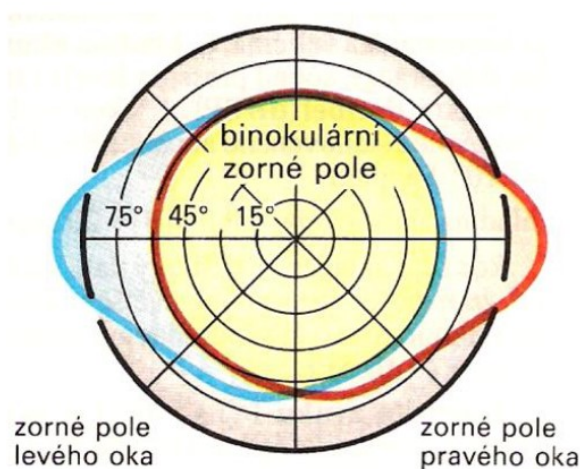
Obrázek 12: Určení hloubky obrazu, horopter [15].

3.11.1 Zorné pole

Lidské oko je schopné při pohledu přímo před sebe rozeznat relativně širokou část prostoru. Zevně je zorný úhel asi 90° , vertikálně činí asi 60° nahoru i dolů a nazálně okolo 50° . Zorné pole je vyšetřováno monokulárně pomocí kinetické a statické perimetrie.

3.11.2 Stereoskopické vidění

Stereoskopické vidění vzniká v místě průniku zorných polí obou očí a tato oblast se nazývá binokulární zorné pole [4], [16].



Obrázek 13: Binokulární zorné pole, zorné pole levého a pravého oka [16].

3.12 Ovlivnění zraku

To, jak jsou vnímány okolní zrakové podněty, záleží na mnoha faktorech, jako jsou atmosférické podmínky, vlhkost, intenzita osvětlení a podobně [4].

3.12.1 Světlo a stín

Stíny okolo předmětů jsou pomocníkem při vytvoření představy o jejich tvaru, stejně jako o jejich poloze vzhledem ke zdroji osvětlení[4].

3.12.2 Atmosférické vlivy

Pokud je pohled zaostřen na vzdálený horizont, je výsledný obraz ovlivňován prachem, kouřem, či částicemi vody, které jsou příčinou snížení kontrastu a rozostření pozorované scény. Proto se objekty ve velké vzdálenosti jeví jako v mírném oparu, jejich barvy blednou či modrají. [4].

3.12.3 Relativní velikost

Vzdálené předměty se jeví jako menší z důvodu menšího pozorovacího úhlu. Člověk ale ze získaných zkušeností dokáže odhadnout, že malá velikost jemu známých předmětů je dána vzdáleností od pozorovatele. V závislosti na vnímané velikosti předmětu je tak lidský mozek schopen odhadnout, jak daleko se od pozorovatele daný předmět nachází [4].

3.12.4 Vzájemná poloha

Pokud je jeden objekt zakryt druhým, pak se nezakrytý objekt nachází blíže k pozorovateli. Tato zkušenost opět ukazuje na polohu objektů v prostoru [4], [14].

3.12.5 Gradient textur

Má-li objekt nějakou texturu, s rostoucí vzdáleností je tato textura méně viditelná. Jde-li o geometrickou texturu, pak při lineární perspektivě dochází ke zmenšování těchto vzorů a pozorovatel je schopen odhadnout hloubku objektu [4].

4 Oční vady

4.1 Refrakční vady

Existuje více možností, jak se mohou paprsky přicházející do oka lámat vůči sítnici. Pokud se paprsky lámou přímo na sítnici, hovoříme o emetropickém oku. Může jít o oko s normální délkou předozadní osy a normálními hodnotami lomivosti prostředí, nebo o oko s kratší (delší) osovou délkou a zvýšenou (sníženou) lomivostí optických prostředí. Zraková ostrost emetropického oka odpovídá hodnotě 6/6. V dalších případech hovoříme o ametropii, což je stav, kdy se dopadající paprsky lámou před nebo za sítnicí. Je rozlišována ametropie sférická (myopie, hypermetropie) a asférické (astigmatismus) [3].

4.1.1 Krátkozrakost (myopie)

V případě krátkozrakosti dochází k vytvoření ohniska obrazu před sítnicí. Příčinou bývá dědičnost, abnormální stavba očnice, či nadměrná práce zblízka. Krátkozraký člověk špatně vidí do dálky a jeho vada je korigována rozptylkami [3].

4.1.2 Dalekozrakost (hypermetropie)

Paprsky dopadající na oko vytváří ohnisko za sítnicí. Jde o vrozenou vadu, její příčinou bývá dědičnost, často se vyskytuje u novorozenců, ale většinou se kolem 6 až 12 roku života snižuje a upravuje až na emetropii. V dospělosti jde většinou o vadu s nižšími hodnotami dioptrií, než je tomu u myopie. Pro korekci se používají spojky, ale v případě dalekozrakosti vidí mladý člověk dobře do dálky i do blízka, protože je jeho vada kompenzována akomodací. Takový pacient pak ale vyžaduje v pozdějším věku brýle dříve, než je tomu u emetropa. K brýlím do dálky však navíc potřebuje i druhé brýle do blízka [3].

4.1.3 Astigmatismus

Jde o refrakční vadu, kdy paprsky dopadající na oko nemají ohnisko v téže rovině. To je způsobeno asférickým tvarem optických ploch. Důsledkem je různá optická mohutnost v různých místech a tím způsobený neostrý obraz. Jednoduchý astigmatismus lze korigovat cylindrickými skly a astigmatismus složený a smíšený je korigován skly torickými. Astigmatiční pacienti nosí brýle nebo kontaktní čočky stále [3].

4.2. Akomodační vady

Fyziologický úbytek akomodace je také znám jako vetchozrakost neboli presbyopie. Objevuje se s přibývajícím věkem a jde o úbytek elasticity čočky a čočka nedosahuje ani při uvolnění hodnot optické mohutnosti nutných k vidění do blízka. U emetropů k ní dochází asi po 40. roku života. U pacienta s myopií o nízké hodnotě se presbyopie objevuje většinou později, a to až po 50. roce života [3].

5 Zrakové klamy

Zrakový vjem vstupuje zrakovou drahou do nervových center a mozkové kůry, kde je zpracováván a vyhodnocen. Na základě vzniklé zkušenosti pozorováním okolí je ovlivněno naše další vnímání. Oko lze ošálit například pomocí zrakových klamů založených na odrazu či lomu v zrcadle nebo na vodní hladině a také například kontrastem. Šedý obrazec na bílém pozadí se bude jevit tmavší, než když tento stejný obrazec přiložíme k černému pozadí. Dále se v běžném životě využívá splývání vjemů a to při televizní vysílání, kdy se obrázky mění s frekvencí 25 Hz, což pro mozek vytváří dojem plynulého pohybu [2].

Další skupinu tvoří zrakové iluze, které vznikají díky nedokonalostem optického systému. Může jít o různé geometrické obrazce, nesprávný odhad jejich velikosti či iluze vytvořená zakreslením trojrozměrného objektu na dvourozměrnou plochu [2].

5.1 Objektivní klamy

Do této skupiny patří klamy vyvolané lomem nebo odrazem světla v atmosféře. Jde například o jev známý jako fata morgána a další jevy atmosférické optiky.

5.2 Fyziologické klamy

Jevy tohoto charakteru souvisí s kontrastem a délkou trvání vjemu. Příkladem může být tzv. iradiace, díky které se osvětlený předmět zdánlivě jeví větší na tmavším pozadí, než v opačném případě [5], [17].



Obrázek 14: Iradiace [17].

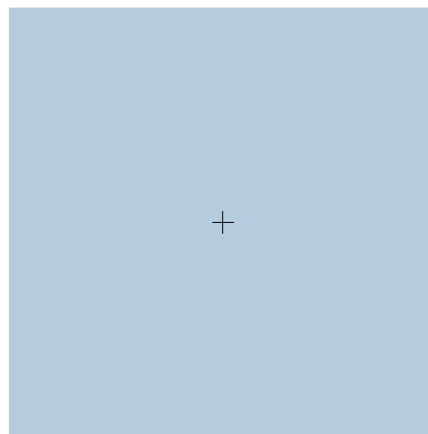
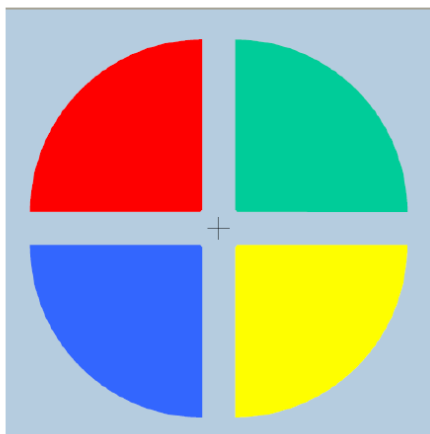
Protože zrakový vjem vzniká při podráždění buněk s určitým zpožděním, i jeho zánik nastává s určitým zpožděním, a to v závislosti na vlnové délce a intenzitě světla pozorovaného objektu. Doba odeznívání podráždění sítnice je úměrná síle vjemu. Krátkodobé působení vjemu má za následek doznívání obrazů ve stejných barvách, při dlouhodobém působení se doznívající obrazy jeví v doplňkových barvách. Jde o tzv. Purkyňovy paobrazy a jejich vnímání trvá do doby, než se obnoví činnost daných světločivných buněk [5], [18].

Příkladem Purkyňova paobrazu je obrazec níže. Po půlminutovém sledování černého bodu uprostřed obrazce vlevo se při přesunu na bod vpravo vytvoří zdánlivě stejný obrazec jako ten vlevo, ovšem s tím rozdílem, že tmavé a světlé plochy se budou jevit barevně naopak [5], [20].



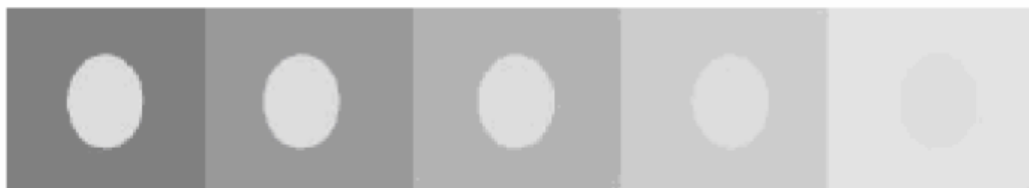
Obrázek 15: Purkyňův paobraz [20].

Podobně funguje případ, kdy jsou pozorovány barevné obrazce. Paobrazy se pak jeví v doplňkových barvách, tedy červená-zelená, modrá-žlutá [5], [10].



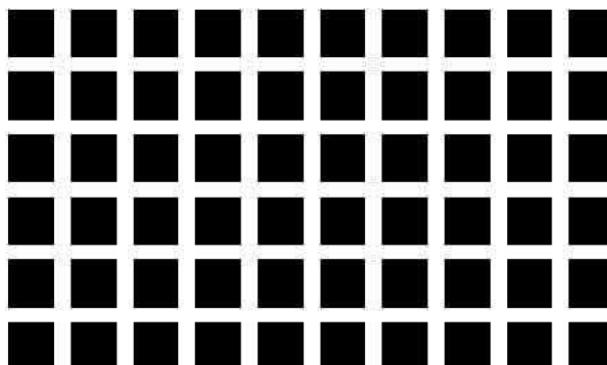
Obrázek 16: Paobraz v doplňkových barvách [10].

Dalším příkladem fyziologických klamů je již výše zmíněný jev kontrastu, kdy se šedý obrazec jeví na světlém podkladě tmavší, než na podkladě tmavém. Toto je způsobeno podrážděním světločivných buněk, které působí na sousední buňky protichůdně a vzniknou tak ostré kontury.



Obrázek 17: Jev kontrastu [10].

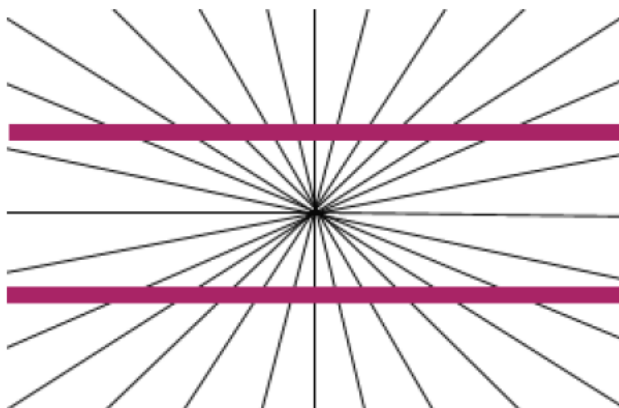
Další obrazec založený na kontrastu je Hermannova mřížka, u které se v místech křížení bílých čar objevují šedé skvrny, které ale v obrazci nejsou. Pokud je pohled fixován na jedno místo křížení čar, pak šedá skvrna mizí a objevuje se jen v místech mimo fixovaný bod. To je způsobeno tím, že obraz místa, kam je pohled upřen, dopadá na žlutou skvrnu. Na periferii se však uplatňuje tzv. laterální inhibice, která snižuje aktivitu buněk sousedících s aktivními buňkami. Místa křížení bílých čar se jeví tmavší, než ostatní bílá místa, protože buňka zaměřená na toto křížení dostane impuls, který sníží vysílání podnětů ze sousedních buněk na čtyřech stranách [5], [10].



Obrázek 18: Hermannova mřížka [21].

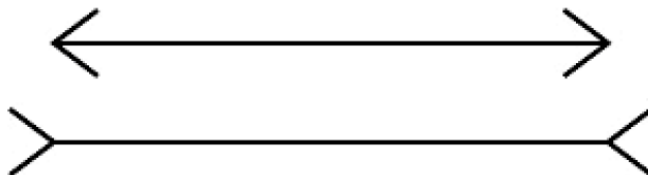
5.3 Geometrické klamy

Tento druh klamů se zakládá na zkreslení geometrických zákonitostí, a to špatným odhadem vzdálenosti nebo úhlu. V tomto případě nejde o chybu v optické soustavě, ale jevy vzniklé na základě normálního zpracování zrakové informace a zkušeností. Geometrické klamy mají vždy dva prvky, kdy první z nich klam vyvolává a ten druhý je mylně vnímán [5], [18]. Tato nesprávně interpretovaná zraková informace může způsobit změnu tvaru či zakřivení, jako například Heringův klam, který zkresluje rovnoběžné přímky do prohnutého tvaru.



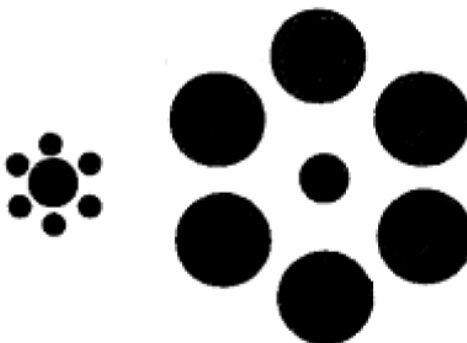
Obrázek 19 Heringův klam [22].

Další skupinou geometrických klamů jsou takové, které způsobují změnu vnímané délky. Zde se projevuje klam daný rozdílem v zakončení tupým nebo ostrým úhlem, viz. dobře známá Müller-Lyerova iluze.



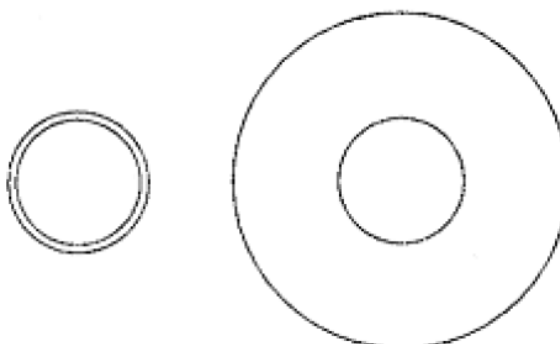
Obrázek 20: Müller-Lyerova iluze [23].

Geometrické klamy mohou být také založené na kontrastu velikosti, např. Ebbinghausův klam, kdy se díky velikosti vnějších kruhů jeví kruhy vnitřní jako rozdílně velké, přestože jsou totožné [24].



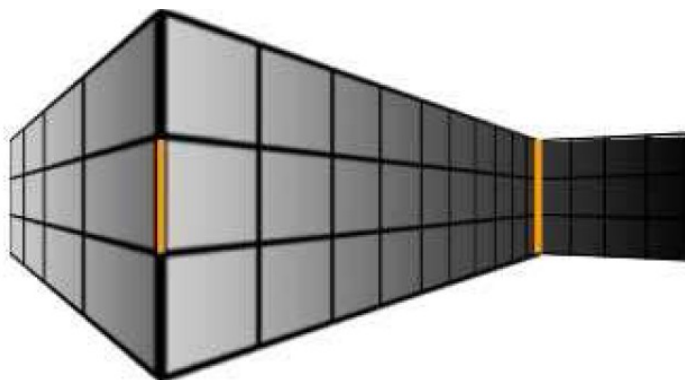
Obrázek 21: Ebbinghausův klam [24].

Podobným typem jsou klamy založené na asimilaci, kdy na sebe obrazce vzájemně působí. Příkladem je Delboeufův klam, který znázorňuje dva stejně velké vnitřní kruhy, které se ale jeví jinak velké, protože kruh vlevo je asimilován k jeho vnějšímu kruhu [24].



Obrázek 22: Delboeufův klam [24].

Posledním typem geometrických klamů jsou takové, při kterých je špatně vnímána perspektiva, dochází tedy k nesprávnému odhadu velikosti. Příkladem jsou stejně velké oranžové úsečky na Müller-Lyerově iluzi v perspektivě, jejichž rozměry se ale jeví jako rozdílné.



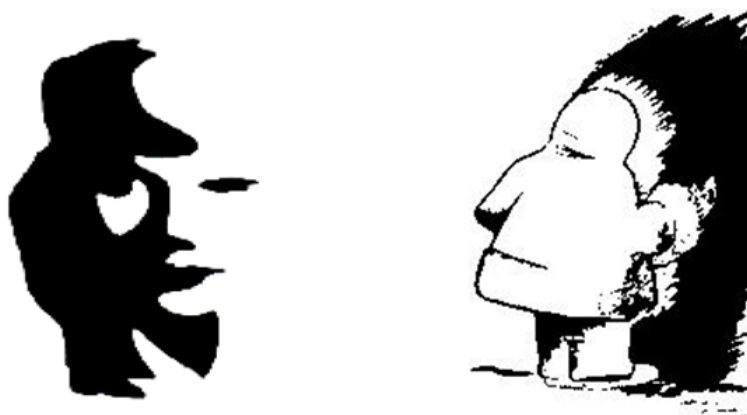
Obrázek 23: Müller-Lyerova iluze v perspektivě [25].

5.4 Psychologické klamy

U psychologických klamů se rozlišují klamy statické a dynamické. Vznikají pozorováním předloh v rovině, které ale představují obraz v trojrozměrném prostoru. Takovýto vjem je pak vědomě či nevědomě vnímán jako trojrozměrný [20].

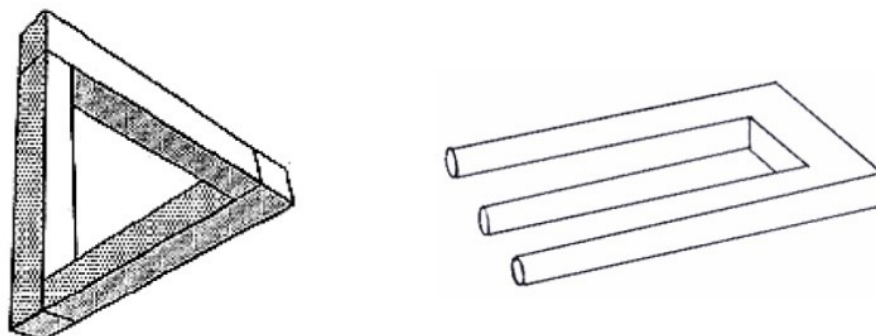
5.4.1 Statické psychologické klamy

Mezi statické klamy patří tzv. multiobrazy, nebo také reverzibilní obrazce, které využívají dvě odlišitelné složky. Jde většinou o figuru a pozadí, které jsou navzájem v kontrastu. Člověk není nikdy schopen vnímat oba obrazy současně, ale je schopen se rychle zaměřit na jeden nebo druhý [5], [26]. Stejně jako u dvou následujících obrázků. Je na něm znázorněn saxofonista, nebo ženská tvář? Jde o Indiána nebo o Eskymáka otočeného zády?



Obrázek 24: Reverzibilní obrazce [25].

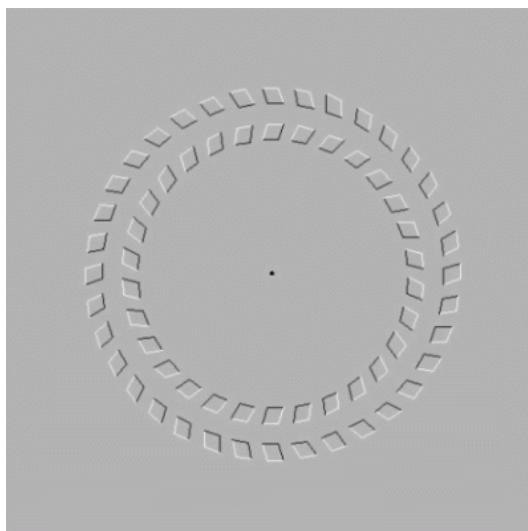
Dalším typem statických psychologických klamů jsou obrazce, které se jeví jako trojrozměrné, ale ve skutečnosti nikdy nemohou být realizovatelné. Jde o zmatení prostorovou hloubkou objektů, kdy jednotlivé části obrazu působí reálně, ale jako celek působí jejich prostorová hloubka nereálně [20].



Obrázek 25: Nemožný trojúhelník, neexistující trojzubec [27].

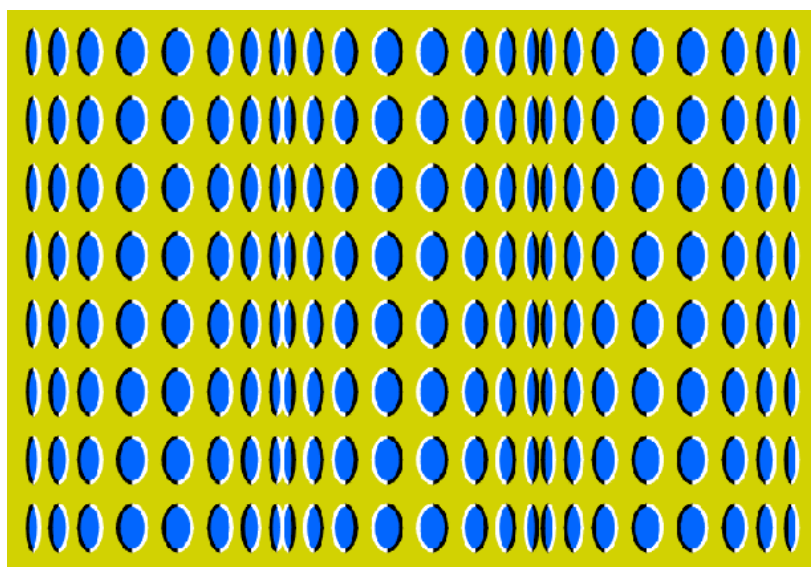
5.4.2 Dynamické psychologické klamy

V tomto případě jde o statické předměty, které se zdánlivě pohybují. Příčina tohoto jevu není dostatečně popsána, ale pravděpodobně je způsoben sakadickými pohyby oka fixovaného na daný objekt. Další hypotéza naznačuje, že velkou roli hraje neuronový přenos kontrastů a jasu. Typickým zástupcem tohoto klamu je loukoťové kolo. Pokud je sledován černý bod a dochází k pohybu hlavy dopředu a zpět, je vytvořena iluze pohybu obou kruhů [25].



Obrázek 26: Loukot'ové kolo [25].

Dalším příkladem je iluze japonského umělce Kitaoky, kdy se krajní sloupce pohybují směrem doprava a prostřední směrem doleva [28].



Obrázek 27: Iluze podle umělce Kitaoky [28].

6 Statická a dynamická reklama

V předchozí kapitole byly popsány příklady zrakových klamů a statických i dynamických psychologických klamů. Těchto vjemů se často využívá pro přilákání pozornosti člověka v pozici zákazníka v různých formách reklamních oznámení.

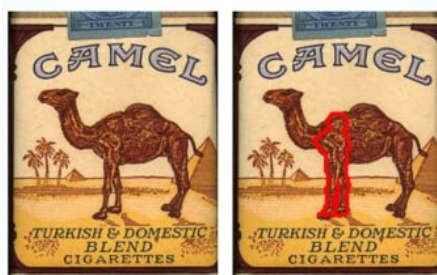
6.1 Statická reklama

Obecně tvoří reklama v dnešní tržní době velice důležitou položku v rozpočtu firmy a je potřeba do ní reinvestovat až 30% příjmů firmy. Pokud o sobě firma nedá dostatečně vědět, nemá příliš vysokou šanci uspět mezi konkurenty. Proto je důležité vědět, jak, kde a také kdy zákazníka se svou nabídkou oslovit. Mimo dnes již nejefektivnější online reklamu ve formě bannerů či cílené reklamy a newsletterů je zde stále reklama formou větších či menších billboardů na ulicích a kolem cest, v dopravním prostředku či na něm, na fasádách domů a podobně. Tato forma se nazývá statická reklama, a jelikož jsou lidé v moderním světě reklamou natolik zahlceni, že ji vědomě málokdy doopravdy vnímají, je nutné využít pro její zviditelnění aspekty, jakým může být výhodné umístění reklamy, použití výrazného prvku, který zaujme, popřípadě běžně nevyužívaná slova. Dobře fungují slova obsahující písmeno „x“ (může jít o výrazy jako exotický, extra apod.) nebo použití 3. formy stupňování přídavných jmen (nejvýhodnější atd.).

6.2 Podprahová reklama

Podprahové vjemy jsou informace cíleně zakomponované do různých forem sdělení tak, aby je člověk vnímal pouze podvědomě v momentě, kdy se jeho vědomí zaobírá přijímáním jiných informací. Může jít o nápis či obrázek šikovně vložený do promítaného filmu v kině, aby měl člověk potřebu zajít si koupit například popcorn nebo něco k pití a utratil tak více peněz. Může jít také o několik decibelů tišší opakující se větu vsunutou kupříkladu do hudby v obchodním domě a podobně. Přestože se dosud nepovedlo dokázat či vyvrátit účinnost této formy podprahové reklamy, je v ČR legislativně zakázána.

Dalším typem podprahové reklamy může být například umístění symbolů do loga firmy nebo výrobku, a to nejčastěji erotických či falických. Příkladem jsou cigarety Camel, které mají ve svém logu skrytou belgickou sochu čurajícího chlapečka.



Obrázek 28: Skrytý symbol v logu cigaret Camel [32].

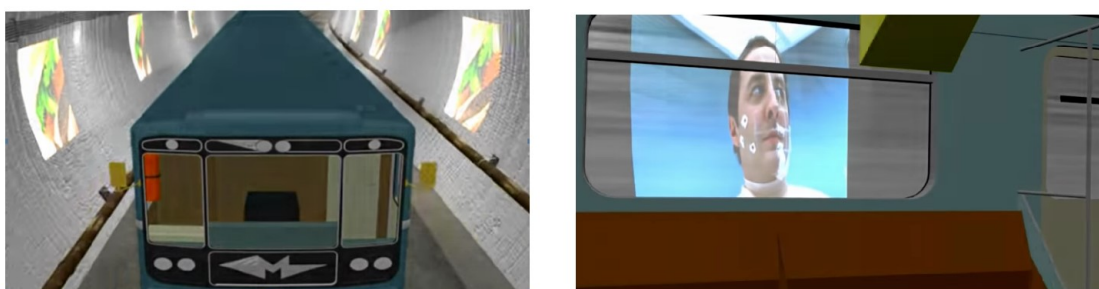
6.3 Dynamická reklama

Pod pojmem dynamická, popřípadě kinetická reklama, se může skrývat hned několik různých metod, které jsou založené na využití pohybu a dynamiky k upoutání pozornosti. Díky dynamice má reklama vysokou vizuální přitažlivost. Může jít o reklamu pomocí velkoplošných LED obrazovek podél komunikací, které se vyznačují dobrou viditelností z poměrně velké dálky za prakticky všech povětrnostních podmínek, mohou ale také vyvolat snížení koncentrace [34].

Reklama využívající kinetický pohyb může být dvojího druhu. Může jít o případ, kdy se reklama pohybuje v důsledku pohybu jiného předmětu (např. na dopravním prostředku), nebo kdy se pozorovatel pohybuje okolo série statických obrazců, jejichž výsledný efekt se jeví jako pohyblivý, např. na eskalátorech. Druhým typem je pak reklama založená na poznatcích, že je lidské oko oklamatelné. To znamená, že je výsledný obraz vnímán jinak, než je ve skutečnosti vyobrazen. Může jít o chybné vnímání perspektivy apod. [34]. V této práci je důležitá především realizace dynamické reklamy v tunelech metra.

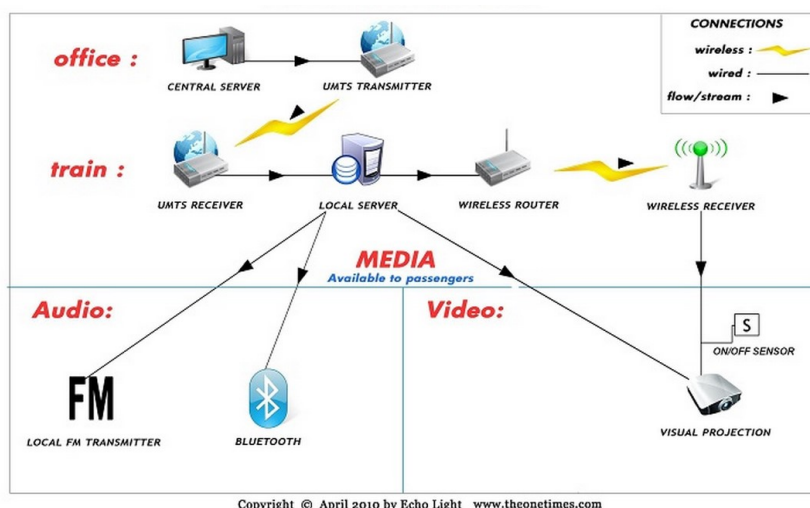
6.3.1 Dynamická reklama instalovaná na vagonu metra

Echo Light System pracuje s využitím projektorů instalovaných na vnější stranu vagonu tak, aby byl obraz promítán v rovině oken na stěny tunelu. Jednou z předností tohoto systému je možnost přehrávání zvuku k videu pomocí elektronických zařízení samotných pasažérů pomocí bluetooth nebo FM přijímače. Jako další z výhod uvádí výrobce snadnější instalaci a údržbu, protože není potřeba implementovat žádné obrazovky přímo v tunelech, ale vše je umístěno na samotném vagonu. To znamená, že reklama může být pasažérům zobrazována po celé délce trasy. Také nezáleží na rychlosti soupravy, protože obraz se stále pohybuje společně se soupravou.



Obrázek 29: Echo Light System – vně a uvnitř soupravy [36].

Nevýhodou je fakt, že systém projektorů je potřeba instalovat na každý vagon každé soupravy a také to, že v tunelech metra bývá hodně nerovností a kabelů, které ovlivní výsledný obraz. Řízení celého systému probíhá bezdrátovou komunikací mezi centrálou a vlakem a obsah sdělení může být měněn velice rychle.

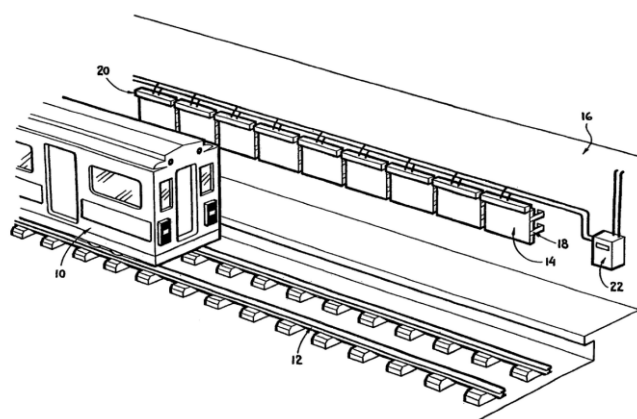


Obrázek 30: Struktura Echo Light System [36].

6.3.2 Dynamická reklama instalovaná v tunelu metra

Existuje několik možností, jak instalovat reklamu uvnitř tunelu metra, a všechny mají společnou výhodu. Instalace na daném úseku trasy metra je využitelná pro všechny projíždějící soupravy a není nutné mít systém projektorů na každém vagonu každé soupravy jako v předchozím případě. Nevýhodou pak je samozřejmě složitější instalace a především omezená doba promítání videa a případně i nutnost přizpůsobovat rychlost promítání rychlosti projíždějící soupravy.

První z možností je využití podsvícených panelů, na které jsou umístěny jednotlivé obrázky v určité sekvenci tak, že se při projíždění vlaku je obraz cestujícími vnímán jako pohyblivý. Patent na tento systém vlastní firma Digital Underground Media Inc. (v době zavedení patentu Side Track Technologies Inc.).



Obrázek 31: Schéma použití podsvícených panelů firmy Digital Underground Media Inc. [35].

Druhou možností je posunutí předchozího systému o krok dále využitím obrazovek, kdy každá obrazovka bude promítat jeden ze sekvence obrazů. Výhoda oproti předchozímu systému je v možnosti změny obrázků elektronicky zadáním do systému a tedy odstranění nutnosti fyzické výměny přímo v tunelu metra.

Tato práce se ale zabývá třetí z možností využití dynamické reklamy v tunelu, a to konkrétně s využitím několika za sebou jdoucích LED panelů. Tato metoda se ve světě objevila již v několika tunelech metra, například v Hong Kongu, Londýně, Santiagu de Chile nebo také v Madridu. Jde o inovativní způsob, který za pomoci panelů se sloupcem LED diod umístěných v tunelu v určité vzdálenosti od sebe, zobrazuje reklamu cestujícím přes okýnka soupravy metra.

LED panely jsou umístěny každých cca 30 cm na vzdálenosti například 100 m v polovině trasy mezi stanicemi, kdy je rychlost soupravy ustálená. Systém je řízen centrální jednotkou, která sekvenci obrazů přizpůsobí rychlosti soupravy mířící do daného úseku pomocí kontrolního systému a čidel. Na každém LED panelu je zobrazován určitý kousek promítaného obrazu. Umístění panelů v tunelu a část z animace videa dostupného na serveru YouTube je znázorněno na obrázcích níže.



Obrázek 32: Dynamická reklama pomocí LED panelů v metru v Hong Kongu. Skutečnost a animace [33].

Funkčnost této dynamické reklamy je založena na několika známých principech, které budou popsány níže v textu. Jak rychle vznikne zrakový vjem, závisí na jasu podnětu a také na jeho kontrastu. Rychlost vjemu se zvyšuje s rostoucí intenzitou jasu až do cca 300 cd/m². Pokud je jas předmětu 0,15 cd/m², je ke vzniku vjemu potřeba celá 1 s [29].

Talbotův zákon

William Henry Fox Talbot se v 19. století zabýval především fotografií a s tím úzce související optikou. Proto tento vynálezce také popsal zákon, který hovoří o rovnosti počítu při stálém a kmitavém podnětu. Je-li drážděno některé místo na sítnici světelným podnětem s periodicky proměnnou intenzitou a kmitočtem vyšším než je kmitočet splývání, pak je podnět vnímán stejně, jako kdyby byl podnět neměnný. Aritmetický průměr intenzity podnětu s periodickým průběhem je pak roven intenzitě podnětu neměnného.

Weber-Fechnerův zákon

Problematikou intenzity subjektivního vnímání vjemu v závislosti na intenzitě podnětu se také v 19. století v Německu zabývali lékař Ernst Heinrich Weber a psycholog Gustav Theodor Fechner.

Matematicky lze zákon popsat rovnicemi 1 a popisuje intenzitu počítu logaritmicky

závislou na intenzitě stimulu. Jinými slovy lze vztah vyjádřit i tak, že subjektivně pocíťovaná změna vnímání je přímo úměrná změně intenzity podnětu a nepřímo úměrná intenzitě počítku.

$$S = k \cdot \ln \frac{I}{I_0} \quad \Delta S = k \cdot \frac{\Delta I}{I}$$

Rovnice 1: Weber-Fechnerův zákon

(S – intenzita subjektivního vjemu, k – konstanta, I – fyzikální intenzita podnětu, I_0 – prahová intenzita, kterou může jedinec vnímat) [30].

Ferry-Porterův zákon

Tento princip udává hodnotu kritického kmitočtu blikání f_k , který je úměrný logaritmu intenzity (jasu) kladné fáze podnětu, jak je znázorněno v rovnici 2 níže.

$$f_k = k_1 + k_2 \cdot \log_{10}(L)$$

Rovnice 2: Ferry Porterův zákon (L - jas, $k_1 = 30,26$ a $k_2 = 12,6$) [31].

Při uplatňování tohoto zákona hraje velkou roli fyziologická setrvačnost reakce sítnice na jasový podnět. Kritická frekvence blikání se pohybuje mezi 20-50 Hz v závislosti na intenzitě jasu zdroje blikání, dále na barvě světla, střídě a tvaru změn jasu. Nelze také opominout výchylku zorného pole, pokud je blikající zdroj umístěn v periferii objektu [30].

Perzistence vidění

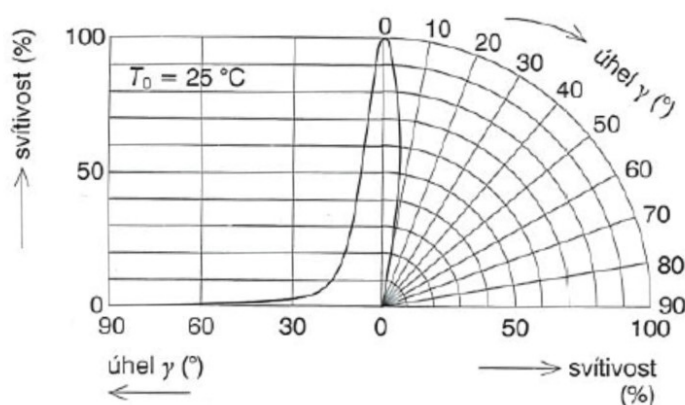
Jak již bylo řečeno, zrakový vjem nevzniká současně s působícím podnětem. Stejně tak tento stejný podnět nezaniká ihned po ukončení jeho působení, ale po zlomek sekundy zůstává zachován. Toto vyjadřuje pojem perzistence vidění, která byla objevena na základě experimentů s přerušovanými podněty, kdy se obrazy do určité frekvence jeví odděleně a od určité mezní frekvence se obrazy spojily v plynulý pohyb. To souvisí s technickou realizací přenosu televizního vysílání, se smyslovými iluzemi nebo zrakovou pamětí.

6.4 LED diody

LED diody patří mezi elektroluminiscenční světelné zdroje. Zkratka pochází z anglického Light Emitting Diode a jde o polovodičové součástky s PN přechodem, které v poslední době zaznamenaly velký rozvoj. Nejprve byly vyvinuty diody vyzařující červenou barvu, poté přišla zelená, oranžová, žlutá a nakonec modrá barva, která dala vzniku i barvě bílé. Také existuje ultrafialová a infračervená varianta. Bílého světla je dosaženo buď mísením tří základních barev, což vyžaduje náročný software i hardware, nebo za pomoci fosforescence

luminoforů. Druhá varianta je energeticky úspornější, ale protože je potlačena červená a zelená složka, barevné podání osvětlených předmětů je horší. Bílé LED diody jsou k dostání u teplejších odstínů od 2500 až 4000 K a u chladnějších od 5000 až po 10000 K [29].

Samotný zdroj světla je polovodičový čip, který v dnešní době zvládá proud o jednotkách ampérů o příkonu až 10 W, což vyvolá světelný tok téměř 1000 lumenů. Světlo, které čip vydává, je usměrněno optickými prvky a krytem z epoxidové pryskyřice, která má nejčastěji barvu shodnou s barvou vyzařovaného světla. Úhel vyzařovaného světelného svazku se pohybuje od 8 do 120° [29].



Obrázek 33: Příklad rozložení svítivosti LED v pravoúhlých a polárních souřadnicích [29].

LED diody mají ve zobrazovacích technikách a reklamních osvětleních velký význam, protože jsou vysoce kontrastní i za denního světla a slunečního svitu.

6.5 Možnosti realizace LED panelu

Prakticky jde o řadu LED diod nad sebou, které při pohybu panelu vůči pozorovateli nebo naopak pozorovateli vůči panelu vytváří na základě principů popsaných v kapitole 6.3.2 celistvý obraz. Samotná realizace není součástí této práce, je však paralelně konstruována v práci jiného studenta pod stejným vedením.

6.5.1 Použití mikrokontroléru

Nejprve bylo potřeba se zamyslet, pomocí jakých komponent je možná realizace samotného panelu s LED diodami. První z možností je použití mikrokontroléru, což je integrovaný obvod obsahující jednočipový počítač, k jehož pinům by byly přímo napojeny LED diody. Může jít například o mikrokontrolér od firmy Atmel typ ATxmega128A4U, ke kterému je možno připojit až 32 LED diod. Pro sestavení velkého panelu o velikosti 1000 diod by ale byla potřeba sestava asi 30 samostatných mikrokontrolérů.

6.5.2 LED drivery

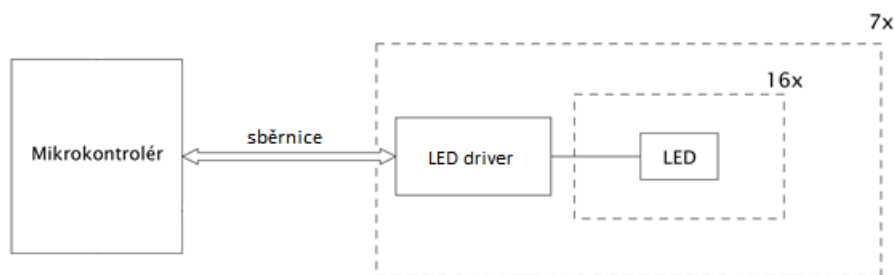
Zlepšením oproti původní myšlence by bylo přidání LED driverů, což jsou integrované obvody využívající tranzistor pro spínání proudového zdroje pro LED diody. Driver umožňuje řídit jas diod pomocí pulsní šířkové modulace, což napomáhá k využití principů popsaných v kapitole 6.3.2. V závislosti na typu zvoleného driveru je možné řídit 16 až 48 diod. Komunikace s driverem probíhá přes sběrnici a je k němu také připojen OE pin (output enable), který zajišťuje hardwarové spínání LED driveru. Sestavení panelu o 1000 diodách by v tomto zapojení vyžadovalo 1 mikrokontrolér a 20 driverů, který by každý řídil 48 LED diod.

6.5.3 Technologie FPGA

Nejvýhodnější a nejefektivnější technologií, kterou je možné využít, je programovatelný logický obvod (hradlové pole), konkrétně typ FPGA (Field Programmable Gate Array). V tomto případě je možné využít kombinaci několika mikrokontrolérů s LED drivery. Signály sousedních logických bloků je možné přenášet s menším zpožděním, proto je komunikace rychlejší a jednodušší. Pro účely příkladu panelu s 1000 LED diodami by mohl být využit některý z FPGA typu SPARTAN firmy Xilinx.

6.6 Realizovaný návrh

V realizovaném návrhu je využito principu použití mikrokontroléru v kombinaci s LED drivery. Výsledkem je 112 LED diod řízených mikrokontrolérem ATxmega128A4U pomocí obvodu NXP PCA9955A, což je 16kanálový LED driver. Komunikace je zajištěna přes sběrnici I²C s frekvencí minimálně 400kHz. Aby bylo dosaženo řízení 112 LED diod, je potřeba do obvodu zapojit 7 driverů, kdy každý z nich řídí 16 LED diod, jak je znázorněno na schématu níže.



Obrázek 34: Blokové schéma zapojení mikrokontroléru s LED drivery.

Pro komunikaci a nahrávání obrazových dat z PC je vyveden převodník UART/USB a programování probíhá přes programovací port PDI.

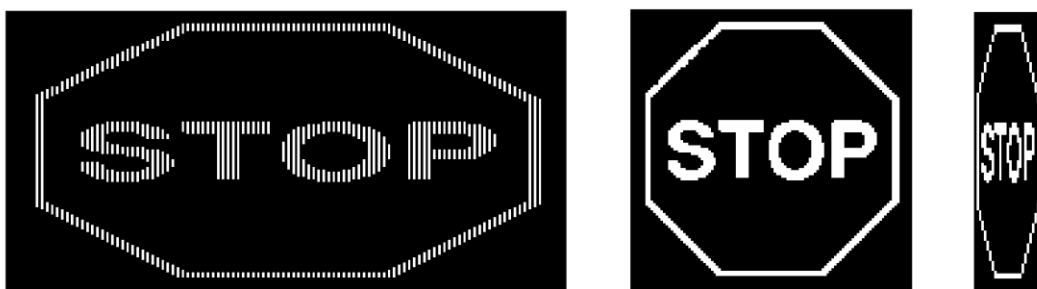
6.7 Využití panelu s LED diodami

Pro své dobré vlastnosti, co se týče intenzity jasu a viditelnosti za různých povětrnostních podmínek, je uvažováno LED panel využít například jako signalizační nástroj pro policisty či záchranné jednotky při označování nehod na cestách, kdy by se máváním vysvěcoval nápis „STOP“. Aby však panel fungoval při mávání ze strany na stranu, musí být součástí návrhu i akcelerometr, který bude určovat směr zápisu zobrazované informace. Vykreslování tak bude střídavě zleva doprava a zprava doleva.

Podmínkou pro správné vysvícení informace na displeji pak bude správná rychlost mávání. Pro výpočet přibližné rychlosti mávání je uvažována vzdálenost, po kterou člověk může pohodlně mávat předmětem v ruce nad hlavou, a to rozpětí 70 cm. Byl proveden pokus, při kterém byla spočtena průměrná doba jednoho mávnutí jako 0,357 s. Krajní body, ve kterých se ruka zastaví, než znovu akceleruje opačným směrem, nebyly brány pro tento přibližný

výpočet v potaz. Rychlost mávání u tohoto pokusu byla vypočtena pomocí vzorce $v = \frac{s}{t}$, tedy jako podíl dráhy k času jednoho mávnutí, která po dosazení vychází $v = \frac{0,7m}{0,357s} = 1,96m/s \Rightarrow 7,05km/h$.

Pro porovnání situací, kdy bude dodržena konstantní rychlost mávání a kdy bude mávání pomalejší nebo naopak rychlejší, byla vytvořena aplikace v MATLABu, viz obrázek níže. Deformace obrazu probíhá na základě známých faktů pro vnímání sekvence obrazů jako jednotného statického či dynamického obrazu.



Obrázek 35: Výstup z MATLABu - porovnání rychlostí mávání. Vlevo pomalejší, uprostřed ideální a vpravo rychlejší.

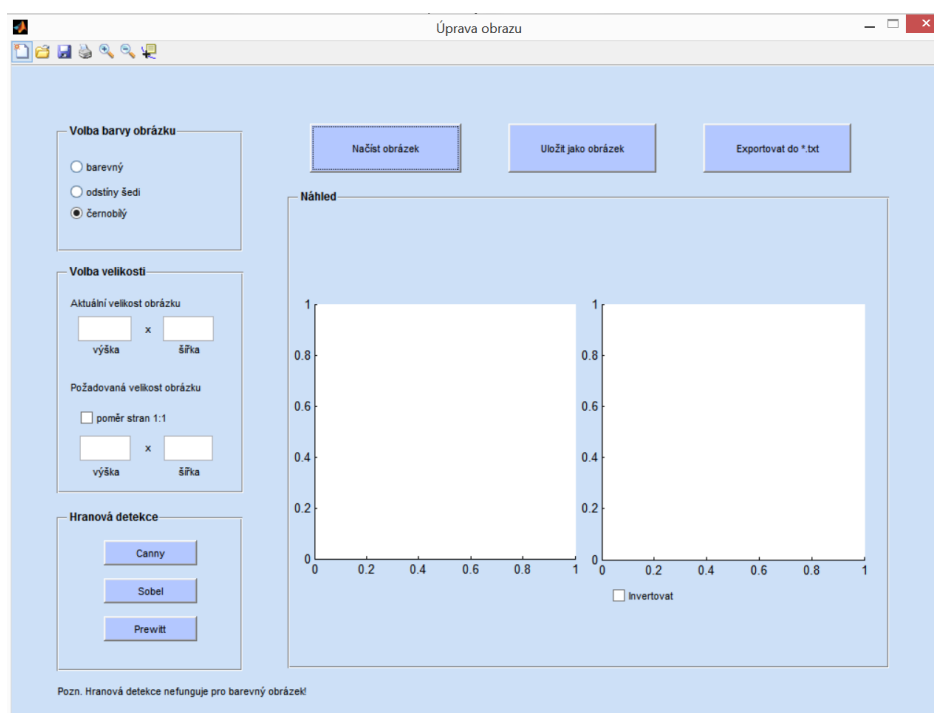
Je zřejmé, že bude-li zachována stálá rychlost mávání, bude mít obraz správný tvar a informace bude rozlišitelná, což je vyjádřeno na prostředním obrázku. Dojde-li k poklesu rychlosti pohybu, informace se začne vytrácet a začne se kouskovat, jak je znázorněno na obrázku vlevo. Rozdělení nebude takto pravidelné, jde pouze o přiblížení situace, ale bude se měnit v závislosti s měnící se rychlostí. Bude-li rychlost mávání příliš vysoká, bude se informace více slévat a obraz se může stát naprosto nečitelným. To je znázorněno na obrázku vpravo.

7 Příprava dat pro zobrazovací jednotku

Zobrazovací jednotka má omezenou strukturu dat, kterou může přijmout, zpracovat a zobrazit, proto je potřeba informaci libovolně přetransformovat. Například realizovaná zobrazovací jednotka disponuje pouze 112 monochromatickými LED diodami, proto je potřeba dosáhnout černobílého obrázku, který bude mít výšku o 112 bodech a zobrazovaná informace nebude příliš složitá, aby mohla být i při zmenšování obrázku dobře interpretovatelná. Proto bylo úkolem této práce vytvořit rozhraní, které vstupní obrázek přizpůsobí potřebám uživatele.

7.1 Grafické uživatelské rozhraní

Samotné uživatelské rozhraní bylo vytvořeno v programu MATLAB pomocí nástroje pro interaktivní tvorbu grafických rozhraní GUIDE (Graphical User Interface Development Environment). Jde o velké zjednodušení oproti přímému vytváření grafických objektů v editoru, protože rozhraní samo vytváří výsledný zdrojový kód s nepatrně odlišnou strukturou. Úkolem tvůrce je ale samozřejmě jednotlivé grafické objekty propojit v jeden inteligentní software pomocí speciálních příkazů, tzv. callbacků.



Obrázek 36: Výsledné rozhraní pro zpracování obrázků.

Výsledné rozhraní pro zpracování obrázku muselo splnit několik důležitých funkcí, především tedy změnu barvy a velikosti obrázků, ale také export do textového souboru. Jednotlivé kroky budou popsány v následujícím textu.

7.1.1 Načtení obrázku

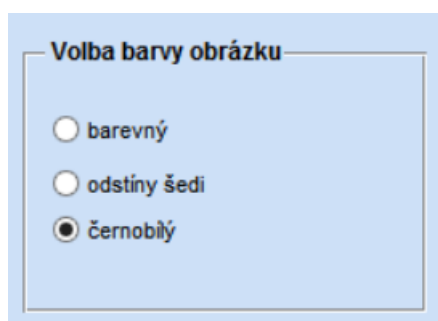
Načtení obrázku do rozhraní probíhá pomocí kliknutí na tlačítko „Načíst obrázek“, které otevře okno pro výběr souboru pomocí následujícího kódu.

```
>> [FileName, PathName, FilterIndex]=uigetfile('*.');  
>> obr=imread(strcat(PathName, FileName));  
>> handles.obr=obr;  
>> guidata(hObject, handles);  
>> axes(handles.nahled)  
>> imshow(handles.obr)
```

Načtený obrázek se ihned po nahrání objeví v jednom z polí „Náhledu“ a aktuální rozměr obrázku se zobrazí v okně „Volba velikosti“.

7.1.2 Výběr barvy obrázku

Dalším krokem je možnost volby barevnosti obrázku pomocí zaškrťovacího políčka typu Radio Button, kdy je výběrem jednoho z polí zvolen buď obrázek barevný, černobílý nebo v odstínech šedi.



Obrázek 37: Možnost volby barvy obrázku v grafickém rozhraní GUI.

Pro tento případ bylo využito pole Button Group, kdy se pro jednotlivá tlačítka neprogramují samostatné callbacky, ale využije se tzv. Create Fcn, která pro možnosti volby využívá funkce *switch* a *case*.

```
>> switch get(eventdata.NewValue, 'Tag')  
>> case 'barevny_but'  
>>     handles.obr = handles.obr  
>>     guidata(hObject, handles);  
>>     axes(handles.axes5);  
>>     imshow(handles.obr)  
>> case 'sedy_but'  
>>     handles.sedyobr=rgb2gray(handles.obr);  
>>     guidata(hObject, handles);  
>>     axes(handles.axes5);  
>>     imshow(handles.sedyobr)
```

```
>> case 'chernobily_but'
    >> handles.cbobr=im2bw(handles.obr);
    >> guidata(hObject,handles);
    >> axes(handles.axes5);
    >> imshow(handles.cbobr)
>> end
```

Výsledný barevný, černobílý nebo šedý obrázek je ihned vykreslen v druhém poli v okně „Náhled“.

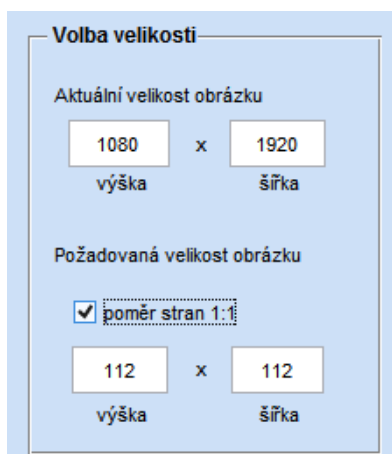
7.1.3 Výběr velikosti obrázku

V okně „Velikost obrázku“ je nahoře zobrazována aktuální velikost vybraného obrázku a dole má uživatel možnost zvolit si velikost dle vlastních preferencí. Buď je potřeba zadat výšku, nebo naopak šířku a druhý údaj se vždy dopočítá ve stejném poměru, jaký má původní obrázek. To funguje pomocí příkazů *get* a *set*, kdy pomocí funkce *get* vezmu vepsanou hodnotu (v následujícím případě šířku) a přiřadím ji pomocí funkce *set* v daném poměru výšce. To stejné funguje v případě, že je rozměr výšky zadán jako první.

```
>> val=str2double(get(handles.sirka,'String'));

>> zmen_vyska = size(handles.obr_rozmer, 1);
>> set (handles.vyska, 'String', zmen_vyska);
```

Je zde také možnost zaškrtnutí políčka „poměr stran 1:1“, kdy budou mít oba rozměry stejnou velikost, a obrázek bude přepočten. U některých obrázků může dojít k výraznému smrštění a informace tak nebude zcela zachována.



Obrázek 38: Volba velikosti obrázku v uživatelském rozhraní.

Pro účely této práce bude využívána možnost změny velikosti stran na 112 bodů. V kódu pro změnu velikosti je opět využita funkce *switch* a *case* a také funkce *if* a *else*. Následující kousek kódu slouží pro možnost, kdy je zaškrtnuto pole pro poměr stran 1:1.

```
>> if (get(handles.checkbox3,'Value') == get(handles.checkbox3,
    'Max'));
```


Kód pokračuje v následujícím duchu pro případy, kdy je zaškrtnutá možnost barevného, černobílého obrázku či obrázku ve stupních šedi.

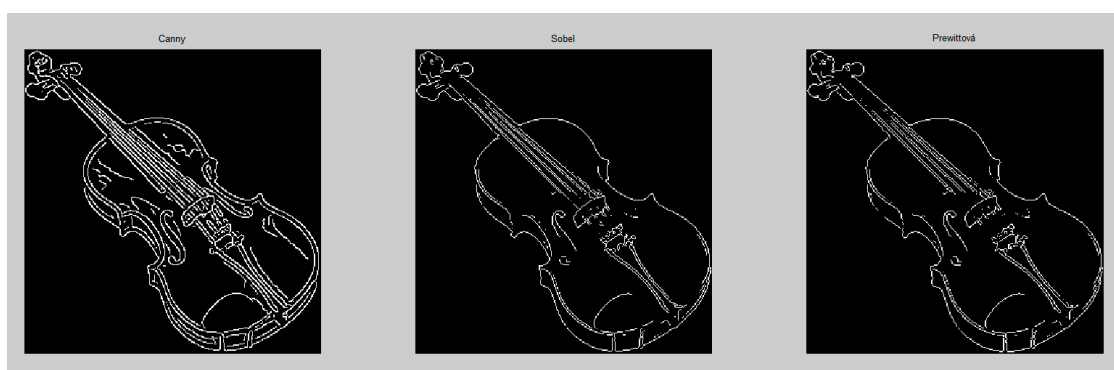
```
>> case 'barevny_but', handles.obr_rozmer =  
imresize(handles.obr, [val val]);
```

Dále následuje příkaz else a kód pokračuje pro situaci, kdy není zaškrtnuta možnost poměru stran 1:1 pro všechny tři barvy obrázků. Výraz NaN odpovídá zachování poměru stran obrázku.

```
>> case 'barevny_but', handles.obr_rozmer =  
imresize(handles.obr, [NaN val]);
```

7.1.4 Hranová detekce

Pro účely členitějších obrázků je zde možnost pro hranovou detekci. Hranová detekce spočívá ve zvýraznění hran, tedy míst, kde se významně mění hodnota jasu. V tomto případě byly použity hranové detektory Cannyho, Sobela a Prewittové a jsou všechny založeny na hledání maxim prvních derivací. Tyto hranové detektory nelze uplatnit u barevných obrázků.



Obrázek 39: Výstup z MATLABu – volba hranové detekce: Canny, Sobel a Prewittová.

Použití hranové detekce v MATLABu je například pro Cannyho detektor vyvoláno následujícím kódem.

```
>> handles.canny = edge (handles.obr_rozmer, 'canny')  
>> axes(handles.axes5);  
>> imshow(handles.canny)
```

7.1.5 Náhled

Možnost náhledu obsahuje dvě pole Axes, kdy v prvním je zobrazen načtený vstupní obrázek a ve druhém je vykreslen obrázek po změnách. Náhled se mění ihned s postupným zaškrťáváním polí.

7.1.6 Možnost invertovat barvy

V některých případech není obrázek po úpravě vhodný pro zobrazovací jednotku a to především z toho důvodu, že by nebyla vysvícena důležitá informace, ale naopak okolní pozadí, jako je znázorněno na obrázku. To by bylo pro LED diodový panel výkonově příliš náročné a také by důležitá informace zanikla.



Obrázek 40: Obrázek nevhodný pro zobrazovací jednotku.

Pro takovýto obrázek existuje pod náhledovým oknem možnost „Invertovat“. Zaškrtnutím pole dojde k záměně „1“ za „0“ a opačně. K tomuto je v MATLABu využita funkce *imcomplement* následujícím způsobem a opět zobrazena v náhledu výsledného obrázku.

```
>> f=getimage(handles.axes5);  
>> invert = imcomplement (f);  
>> axes(handles.axes5)  
>> imshow(invert, 'Parent', handles.axes5);
```

7.1.7 Uložení obrázku

Možnost „Uložit jako obrázek“ skýtá možnost uložení aktuálně změněného obrázku, který je vyobrazen v poli „Náhled“ na pravé straně. Po kliknutí se objeví okno s možností výběru formátu ukládaného obrázku a také jeho názvu. Tohoto bylo docíleno následujícím jednoduchým kódem:

```
>> [f,c]=imsave(handles.axes5)
```

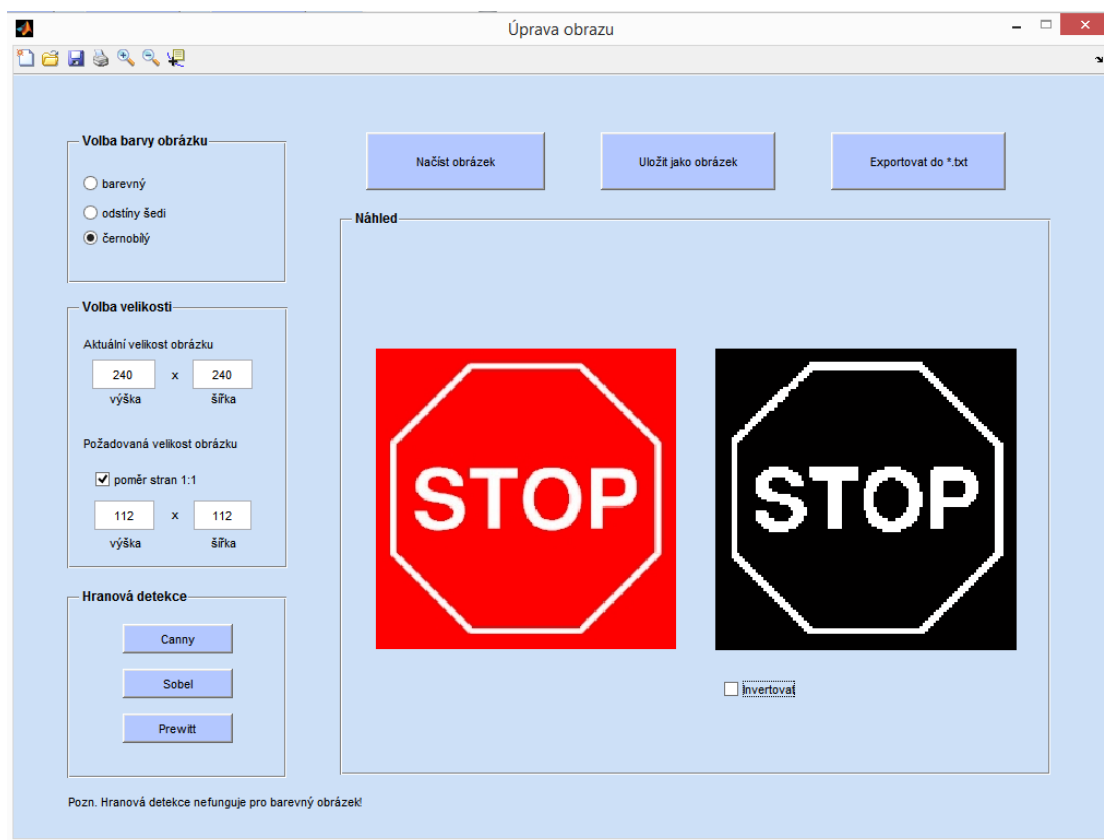
7.1.8 Uložení do textového souboru

Poslední možností je uložení souboru do textového souboru. Barevný obrázek je uložen ve formě 3 matic se složkami $RxGxB$, kdy každá nabývá hodnot 0-255, šedý je uložen v jedné matici nabývající hodnot 0-255 a černobílý v jedné matici s hodnotami 0 a 1. Výsledné soubory pro barevný a šedý obrázek nebylo možno otestovat, protože realizovaná zobrazovací jednotka obsahuje pouze monochromatické LED diody. Pro účely dalšího zpracování je tedy nejvhodnější úprava obrázku do barvy černobílé, s výškou 112 bodů a převedení do formy textového souboru, kdy bílá odpovídá „1“ a černá je vypsána jako „0“. Toho je dosaženo pomocí příkazu `dlmwrite` a výsledný soubor má název `txt_export.txt`.

```
>> f=getimage(handles.axes5)
>> dlmwrite('txt_export.txt',f)
```

7.1.9 Finální vzhled uživatelského rozhraní v GUI

Příprava dat pro realizovanou zobrazovací jednotku probíhá postupem popsaným v bodech uvedených výše. Pro paralelně realizovanou jednotku pouze s monochromatickými LED diodami bude nejvíce využito možnosti převodu na černobílou barvu a změnu velikosti na 112 bodů, popřípadě i možnost invertovat barvy. Na obrázku níže je zřejmý rozdíl mezi obrazem původním a po úpravách, kdy má upravený obraz o polovinu menší rozlišení. V tomto případě bude exportovaný obraz pro zobrazovací jednotku znamenat to, že vysvíceny budou bílé části, tedy nápis „STOP“ a ohraničení značky.



Obrázek 41: Uživatelské rozhraní pro úpravu obrazu pro zobrazovací jednotku.

7.2 Následné zpracování získaného souboru

Výsledkem z uživatelského rozhraní je soubor o zvolené velikosti ve formě nul a jedniček. S takovýmto souborem je možné dále pracovat dle potřeby mikrokontroléru.

7.2.1 Převod na 4, 8 a 16bitová čísla

Získaný textový soubor může být stále příliš velký pro zpracování mikrokontrolérem, proto je další součástí práce zpracování souboru do 4, 8 a 16bitových čísel.

```
>> m = dlmread('txt_export.txt');
```

Pro 4bitová čísla je použit kód:

```
>> vect4=bi2de(reshape(m',4,[],[]),'left-msb');  
>> img4=reshape(vect4,112/4,[],[]);  
>> dlmwrite('four_bit.txt',img4)
```

Pro 8bitová čísla je použit kód:

```
>> vect8=bi2de(reshape(m',8,[],[]),'left-msb');  
>> img8=reshape(vect8,112/8,[],[]);  
>> dlmwrite('eight_bit.txt',img8)
```

Pro 16bitová čísla je použit kód:

```
>> vect16=bi2de(reshape(m',16,[],[]),'left-msb');  
>> img16=reshape(vect16,112/16,[],[]);  
>> dlmwrite('sixteen_bit.txt',img16)
```

Jednotlivé soubory jsou každý zvlášť uloženy v textové formě pod názvy four_bit.txt, eight_bit.txt a sixteen_bit.txt.

7.2.2 Nahrazení „1“ jiným číslem

Jelikož je v realizovaném LED diodovém displeji nastavitelná střída s 8bitovým rozlišením v rozsahu 0-100%, je výhodné na tuto skutečnost připravit data dopředu. Kvůli velikosti odběru je využíváno maximálně 60%, je hodnota „1“ nahrazena hodnotou „60“ dle následujícího kódu.

```
>> m(m==1)=60;  
>> dlmwrite('sixty.txt',m)
```

Výsledný soubor je opět vypsán jako samostatný textový soubor s názvem sixty.txt.

8 Závěr

Na prvních stranách práce je popsán rozbor problematiky anatomie oka a fyziologie vidění, které je nutné pochopit k ujasnění vzniku zrakového vjemu, jeho zobrazování a přenosu jednotlivými strukturami, a v neposlední řadě jeho zpracovávání mozkiem. Důležitým poznatkem je fakt, že zrakový vjem nevzniká ihned s počátkem působení podnětu, ale s mírným zpožděním, a že se stejným zpožděním vjem zaniká. Tento jev je nazván perzistencí neboli setrvačností vidění.

Bylo potřeba nastudovat jednotlivé metody ovlivnění zraku, ať šlo o patologické oční vady, o atmosférické vlivy, či jiné vlivy zahrnující psychologické aspekty vnímání okolí. To je ovlivněno předchozími zkušenostmi a tak lze oko ošálit pomocí zrakových klamů založených na odrazu či lomu, kontrastem, geometrickými tvary nebo perspektivou. Důležitou kapitolou pro pochopení práce je text zabývající se dynamickými psychologickými klamy, které vytvářející iluzi pohybu.

Pro porozumění dynamickému zobrazování reklamy pomocí panelu s LED diodami bylo nezbytné popsat Talbotův zákon, který hovoří o rovnosti počítu při stálém a kmitavém podnětu. Společně s dalšími zákonitostmi a znalosti o setrvačnosti reakce sítnice byla frekvence blikání stanovena v rozmezí 20-50 Hz v závislosti na intenzitě jasu, barvě světla a střídě, popřípadě na výchylce zorného pole.

Dále práce zahrnuje tři ideové myšlenky pro realizaci samotného panelu s LED diodami. Nejprve je zamýšleno využití mikrokontroléru s přímým zapojením LED diod. Takovéto schéma je ale pro požadovanou funkci nedostačující i z důvodu malého počtu diod, které můžeme k mikrokontroléru připojit. Druhou myšlenkou bylo zlepšení zahrnutím LED driverů, což jsou integrované obvody využívající tranzistor pro spínání proudových zdrojů pro LED diody. Toto řešení umožňuje použití vyššího počtu diod, protože každý připojený driver může řídit až například 48 LED diod, v závislosti na typu požitého driveru. Nejvyšší ideovou myšlenkou je spojení předchozích dvou možností pomocí programovatelného logického obvodu (hradlového pole) typu FPGA, které umožňuje rychlejší a jednodušší řízení.

Paralelně realizovaný model LED panelu o 112 diodách, který není součástí této práce, využívá možnosti kombinace mikrokontroléru se 7 LED driverů. Přidáním funkčního akcelerometru k takovémuto zařízení bude dosaženo efektivního signalizačního zařízení, například pro potřeby záchranných jednotek k označování míst dopravních nehod. Myšlenka je taková, že máváním bude vysvícen nápis „STOP“ a akcelerometr je potřeba pro určení správného směru vykreslování obrazu. Podmínkou pro správné zobrazení informace je dodržení konstantní rychlosti mávání. Byla spočtena průměrná pohodlná rychlost mávání cca 2 m/s a byly nasimulovány situace, kdy bude obraz deformován příliš malou nebo naopak příliš velkou rychlostí. Tato simulace byla vytvořena v programu Matlab.

Hlavní částí práce byla příprava dat pro zobrazovací jednotku. Obecně je potřeba soubor pro zobrazení upravit tak, aby byl připraven ve správném formátu a ve správné velikosti. Proto byl v programu Matlab za pomoci nástroje pro interaktivní tvorbu grafických rozhraní GUIDE vytvořen software, pomocí něhož je možné nahrát daný obraz a nadále s ním pracovat. Důležitou volbou je barva obrázku. Ten je možné zobrazit barevně či jej převést na černobílý obrázek či obrázek ve stupních šedi, v závislosti na použitém typu LED diod. V realizované zobrazovací jednotce byly kupříkladu použity pouze monochromatické diody, proto by barevný

obrázek neměl pro toto zařízení žádný význam. Další možností je změna rozměrů obrázku se zachováním stávajícího poměru nebo s volbou zobrazení v poměru 1:1. Pro potřeby členitých obrazů v odstínech šedi nebo černobílých je zde možnost hranové detekce s použitím 3 filtrů, a to Cannyho, Sobelův a Prewittové. Každá změna provedená v jednotlivých krocích je automaticky přenesena do zobrazení v náhledu, aby si uživatel dokázal představit, co daná změna s informací provede. Pokud by bylo černobílé zobrazení nevyhovující z hlediska poměru černé a bílé barvy, je zde možnost invertovat barvy, což ve výsledku vymění „0“ za „1“ a obráceně. Poslední úprava obrazu zahrnuje uložení aktuálně zobrazované informace v náhledu a také její uložení v textové podobě, která je výhodná pro zobrazovací jednotku.

Poslední úprava, která byla naprogramována také v prostředí Matlab, zahrnuje změnu binární informace na 4, 8 a 16bitová čísla. Ta mohou být použita pro jednotlivé typy mikrokontrolérů pro zmenšení zpracovávané informace. Pro konkrétní použití zpracovaného obrazu realizovanou jednotku je využita možnost záměny čísla „1“ za číslo „60“, a to z důvodu optimalizace využitého odběru na 60%, také v programu Matlab.

9 Použitá literatura

1. Čihák Radomír. *Anatomie 3*. Druhé, upravené a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 80-247-1132-X.
2. Synek Svatopluk, Skorkovská Šárka. *Fyziologie oka a vidění*. 2. vydání. Praha: Grada Publishing, 2014. ISBN 978-80-247-3992-2.
3. Řehák Svatopluk a spol. *Oční lékařství*. 1. vydání. Praha: Avicenum/zdravotnické nakladatelství, 1980. ISBN 08-020-80.
4. Janů Joshua. *Binokulární vidění*. Brno, 2011. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav biomedicínského inženýrství.
5. Chloupková Tereza. *Fyziologické principy procesu vidění*. Brno, 2007. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav experimentální biologie, Oddělení fyziologie a imunologie živočichů.
6. *Akomodace oka*. [cit. 21.1.2015] Dostupné z: <http://www.cocky.cz/akomodace-ok.html>.
7. Silbernagl Stefan, Despopoulos Agamemnon. *Atlas fyziologie člověka*. 6. vydání, zcela přepracované a rozšířené. Praha: Grada Publishing, 2004. ISBN 978-80-247-0630-6.
8. Oláh Z., Černák A., Dóci J., Gerniec A., Ševčík J. *Očné lékařstvo*. 2. vydání. Martin: Osveta, 1998. ISBN 80-88824-74-5.
9. Zrak a vidění. Vybrané kapitoly z fyziologie zraku. In: Světlo. Časopis pro světlo a osvětlování. [cit. 21.1.2015] Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/2003/sv040360.htm>.
10. Atkinsonová R. L., Atkinson R. C., Smith E. E., Bem D. J., Nolen-Hoeksema S. *Psychologie*. Praha: Victoria Publishing, 1995. (aktualizované vydání Portál 2003).
11. *Snellenova tabule*. In: Wikipedie: otevřená encyklopedie [online]. Naposledy editováno 24.9.2013. [cit. 21.1.2015] Dostupné z : http://cs.wikipedia.org/wiki/Snellenova_tabule.
12. Zraková ostrost a její vyšetřování. [cit. 21.1.2015] Dostupné z : <http://www.argolens.cz/zrakova-ostrost.htm>.
13. Rutrle Miloš. *Brýlová optika: učební texty pro oční optiky a oční techniky, optometristy a oftalmology*. Brno: Institut pro další vzdělávání pracovníků ve zdravotnictví, 1993. ISBN 80-701-3145-4.
14. Čížek Petr. *Prostorové zobrazování*. Plzeň, 2005. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta aplikovaných věd, Katedra informatiky a výpočetní techniky.
15. Laubr D. *Stereoskopická projekce*. Praha, 2006. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická.
16. Ganong W. F. *Přehled lékařské fyziologie*. Praha: Nakladatelství a vydavatelství H&H, 1995. ISBN 80-85787-36-9.
17. Prokšová Jitka. *Optické klamy a teorie barevného vidění*. Studijní materiály. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta pedagogická. Oddělení fyziky. [cit. 21.1.2015] Dostupné z: http://kof.zcu.cz/st/sm/fpv/doplnek_syl1.doc.

18. Kvapilíková K. *Zrakové klamy*. In: Česká oční optika, Ročník 42. Svazek 3. 2001, s. 38 – 39.
19. *Elektromagnetické spektrum* [online]. Dostupné z: <http://www.czechsolar.cz/public/images/principy/spectrum.png>.
20. Pluháček František. *Zrakové klamy*. Studijní materiály. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra optiky. [cit. 21.1.2015] Dostupné z: <http://kaleidoskop.upol.cz/old/kal2006/pluhacek.pdf>.
21. Grand illusions. [online]. Dostupné z: <http://www.grand-illusions.com/opticalillusions/>
22. Optical illusion Galleries. [online]. Dostupné z: <http://www.eyetricks.com/illusions.htm>
23. Starke J. *Optické hlavolamy*. Praha: CP Books, 2005.
24. Štikař J. *Obrazová komunikace*. 1. vydání. Praha: Karolinum, 1992. ISSN 0567-8307.
25. Seckel A. Nová kniha optických iluzí. Praha: Albatros, 2005.
26. Sternberg R. J. Kognitivní psychologie. Praha: Portal, 2002.
27. Simanek D.E. The principles of artistic illusions. 1996. [cit. 21.1.2015]. Dostupné z: <http://www.lhup.edu/~dsimanek/3d/illus1.htm>.
28. Iluze dle Kitaoky. [online]. Dostupné z: <http://www.psy.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>
29. HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013, 622 s. ISBN 978-80-86534-21-3.
30. *Weber-Fechnerův zákon* [online]. [cit. 29.4.2015]. Dostupné z: http://www.wikiskripta.eu/index.php/Weber-Fechner%C5%AFv_z%C3%A1kon
31. ČVUT Praha. Fakulta elektrotechnická. Katedra Radiotelektrotechniky. *Studium Ferry-Porterova zákona*. Praha 2011.
32. *The image of a naked man on Camel cigarettes* [online]. [cit. 6.5.2015]. Dostupné z: <http://www.snopes.com/business/hidden/camel.asp>.
33. *Tunnel Advertising* [online]. [cit. 6.5.2015]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=dxvnt08mZdQ>.
34. *Reklama kinetická (kinetic advertising)* [online]. [cit. 6.5.2015]. Dostupné z: http://artslexikon.cz/index.php/Reklama_kinetick%C3%A1.
35. WALKER, Robert a Bradley CARUK. SIDETRACK TECHNOLOGIES INC. *Subway movie/entertainment medium* [patent]. B2, US7251011. Uděleno Jul 31, 2007.
36. *The One Times: Echo Light System* [online]. 2009-2015 [cit. 6.5.2015]. Dostupné z: <http://www.theonetimes.com/>.

Struktura adresáře příloh na CD

Simulace

- Soubor pro simulaci změny rychlosti pohybu panelu vůči pozorovateli
 - simulace.m

Úprava obrazu v GUI

- Exportovaný soubor
 - výsledný obrázek po uložení v textové podobě
 - txt_export.txt
- GUI
 - Software pro úpravu obrazu
 - GUI_DP_KOT0151.fig
 - GUI_DP_KOT0151.m
- Vstupní obrázek
 - stop.jpg

Zpracování textového souboru

- Soubor pro převody binárního obrazu na 4, 8 a 16bitové číslo a záměna „1“
 - prevody.m
- Výstup jako 4bitové číslo
 - four_bit.txt
- Výstup jako 8bitové číslo
 - eight_bit.txt
- Výstup jako 16bitové číslo
 - sixteen_bit.txt
- Výstup se zaměněnou „1“ za číslo „60“
 - sixty.txt